

# Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset - Sillat

Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus





# Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset - Sillat

Suunnittelu- ja toteuttamisvaiheen ohjaus

Liikenneviraston ohjeita 28/2018

*Kannen kuvat: Mikko Rauhanen*

Verkkojulkaisu pdf ([www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi))

ISSN-L 1798-663X

ISSN 1798-6648

ISBN 978-952-317-401-6

Liikennevirasto

PL 33

00521 HELSINKI

Puhelin 0295 34 3000

Tekniikka- ja ympäristöosasto

Vastaanottaja  
Liikennevirasto  
ELY-keskukset

Säädösperusta  
Maantielaki 109 §

Kohdistuvuus  
Liikennevirasto  
ELY-keskukset

Asiasanat  
Sillat, tarkastus, laatu, ohjeet, taitorakennerekisteri

Korvaa/muuttaa  
Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset,  
Liikenneviraston ohjeita 1/2010

Voimassa  
3.9.2018 alkaen toistaiseksi

## Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset - Sillat

Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset, sillat, on osa taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimuksista. Ohjetta käytetään määriteltäessä siltojen erikoistarkastuspalveluun kuuluvia tehtäviä. Ohjeessa määritetään siltojen erikoistarkastuksiin liittyvät laatuvaatimukset ja laadunvarmistusmenettelyt.

Tämä ohje korvaa tarkistettuna ja osittain muutettuna aiemman Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset, Liikenneviraston ohjeita 1/2010, verkkojulkaisun vuodelta 2010. Lisäksi tähän ohjeeseen on lisätty teräksisten siltojen päällysrakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset sekä geoteknisen arvion työvaiheet.

Tekninen johtaja Markku Nummelin

Silta-asiantuntija Markku Äijälä

*Ohje hyväksytään sähköisellä allekirjoituksella. Sähköisen allekirjoituksen merkintä on viimeisellä sivulla.*

LISÄTIETOJA  
Markku Äijälä  
Liikennevirasto  
etunimi.sukunimi(at)liikennevirasto.fi

## Esipuhe

Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset koskevat tässä ohjeessa siltoja. Erikoistarkastusten laatuvaatimukset on siltojen erikoistarkastuspalveluun kuuluvia tehtäviä suoritettaessa noudatettava asiakirja. Ohjeessa määritetään siltojen erikoistarkastuksiin liittyvät mittaukset, tutkimukset, tarkastuksen organisaatio, raportointi ja laadunvarmistusmenettelyt.

Tämä ohje korvaa tarkistettuna ja osittain muutettuna aiemman ohjeen Siltojen erikoistarkastusten laatuvaatimukset, LO 1/2010. Ohjeessa ovat uusina asioina teräsrakenteiden tutkiminen ja geotekninen arviointi sekä betonitutkimukset on päivitetty vastaamaan nykypäivän vaatimuksia.

Erikoistarkastuksen pääasiallisina tavoitteina ovat sillan korjaus- tai uusimistarpeen sekä korjauksen ajoituksen ja kannattavuuden selvittäminen tai korjaussuunnittelulle luotettavan lähtötiedon hankinta.

Ohjetta voi soveltaa myös muiden hallinnoimien siltojen erikoistarkastuksiin.

Ohjeen ovat laatineet Mikko Rauhanen SiltaExpert Oy:stä ja Kari Kuusela Insinööritoimisto Ponvia Oy:stä. Työtä ovat ohjanneet Pekka Siitonen (pj), Markku Äijälä, Tomi Harju, Jani Meriläinen, Matti Piispanen, Panu Tolla ja Jaakko Heikkilä Liikennevirastosta sekä Olli-Pekka Aalto Helsingin kaupungilta.

Helsingissä syyskuussa 2018

Liikennevirasto

Tekniikka- ja ympäristöosasto

## Sisällysluettelo

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Soveltaminen .....	7
1.2	Asiakirjat .....	7
2	LAATUVAATIMUKSET .....	8
2.1	Erikoistarkastuksen sisältö .....	8
2.2	Tarkastajien pätevyysvaatimukset .....	8
2.3	Tarkastussuunnitelma .....	10
2.4	Tutkimusvälineet ja tutkimukset .....	10
2.5	Tutkimusten laajuus .....	10
3	YLEISTÄ MITTAUKSISTA JA TUTKIMUKSISTA .....	12
3.1	Betonipeitteen mittaus .....	12
3.2	Halkeamien kartoitus .....	12
3.3	Karbonatisoitumissyvyyden mittaus .....	12
3.4	Kloridipitoisuuden mittaus .....	12
3.5	Tartuntavetolujuuden mittaus .....	13
3.6	Ohuthietutkimukset .....	13
3.7	Alkalikiviainesreaktio (AKR) .....	14
3.8	Betonin puristuslujuus ja kimmovasaramittaus .....	14
3.9	Pintarakenteiden avaus ja poraustyöt .....	15
3.10	Raudoituksen korroosiotilan määrittäminen .....	15
3.11	Jännitetyt rakenteet .....	16
3.12	Betonin erikoistutkimukset .....	16
3.13	Teräksen tutkimusmenetelmät .....	16
3.14	Puun tutkimusmenetelmiä .....	17
3.15	Muita tutkimusmenetelmiä .....	17
4	SILTOJEN TUTKIMUKSET .....	19
4.1	Sillan päätyrakenne, betoni .....	19
4.2	Välitukirakenteet, betoni .....	20
4.3	Reunapalkkirakenteet, betoni .....	22
4.4	Päällysrakenteen yläpinta, betoni .....	23
4.5	Päällysrakenteen alapinta, betoni .....	25
4.6	Päällysrakenne, teräs .....	26
4.6.1	Teräsrakenteiden pinnoitepaksuus .....	26
4.6.2	Teräsrakenteiden niittiliitosten tarkastus .....	26
4.6.3	Hitsiliitokset terässilloissa .....	31
4.6.4	Teräsrakenteiden ruostumisasteen määrittäminen .....	31
4.6.5	Ongelmajätteiden selvittäminen .....	31
4.6.6	Pintamaalin koostumuksen selvittäminen .....	32
4.6.7	Rakenneosien mittojen ja ainevahvuuden määrittäminen .....	32
4.6.8	Teräsrakenteiden erityiskohteita .....	32
	Teräksinen Langer-palkkisilta .....	32
	Vinoköysi- ja riippusillat .....	32
	Teräksinen kaukalopalkkisilta .....	32
4.7	Kaiteet .....	33
4.8	Muut rakenteet ja mittaukset .....	33
4.8.1	Sillan värähtely .....	33

**Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset - Sillat, 3.9.2018**


---

4.8.2	Laakereiden tarkastus .....	33
4.8.3	Liikuntasaumamat .....	34
4.8.4	Saumaukset .....	34
4.8.5	Muut mittaukset .....	34
4.8.6	Näytteenotto kohtien paikkaaminen .....	35
4.8.7	Pintarakenteiden paikkaaminen .....	35
5	GEOTEKNINEN ARVIOINTI .....	36
5.1	Yleistä .....	36
5.2	Geoteknisen arvion sisältö .....	36
6	ERIKOISTARKASTUKSEN RAPORTOINTI .....	37
6.1	Raportin sisältö .....	37
6.2	Tarkastustulosten luotettavuus .....	38
7	TYÖTURVALLISUUS .....	39
7.1	Yleistä .....	39
7.2	Turvallisuussuunnittelu .....	39
7.3	Liikennejärjestelyt .....	39
7.4	Työskentely rautatiealueella .....	39
8	LAADUNHALLINTA .....	40
8.1	Laadunvarmistusmenettely .....	40
8.2	Organisaatio ja henkilöstö .....	40
8.3	Alihankkijat .....	40
8.4	Tietoturva .....	40

LÄHTEET .....	41
---------------	----

**LIITTEET**

Liite 1	Niitattujen siltarakenteiden niittien UT-testaus
---------	--



# 1 Johdanto

## 1.1 Soveltaminen

Tätä asiakirjaa noudatetaan taitorakenteiden erikoistarkastuksissa. Ohje on laadittu koskemaan maantie- ja rautatiesilloja. Tarkastuksissa noudatetaan lisäksi eri taitorakenteille laadittuja yleistarkastusohjeita esim. vedenalaisissa tarkastuksissa Liikenneviraston ohjetta LO 26/2016 Vedenalaisten taitorakenteiden tarkastusohjetta.

Taitorakenteen erikoistarkastuksen tavoitteena on yleensä selvittää rakenteen kunto-tilanne ja vauriot korjaussuunnittelun lähtötiedoiksi. Tarkastus voi olla myös rajattu, vain tiettyihin rakenneseisiin tai vaurioihin kohdistuva.

## 1.2 Asiakirjat

Erikoistarkastuksissa noudatetaan seuraavissa asiakirjoissa (tai niistä julkaistuissa viimeisimmissä versioissa) annettuja ohjeita, määräyksiä ja laatuvaatimuksia:

- Taitorakenteiden tarkastusohje, LO 17/2013 (1)
- Sillantarkastuskäsikirja, LO 26/2013 (2)
- Siltojen erikoistarkastusten työturvallisuusohje (3)
- Liikenne tietyömaalla –ohjeistus (4)
- Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO) (5)
- Tutkimusmenetelmiin liittyvät standardit
- Mittalaitteiden käytössä noudatetaan laitekohtaisia sekä yleisiä kyseiseen mittaukseen laadittuja ohjeita
- Liikenneviraston ohjeluettelosta löytyy viimeisimmät voimassa olevat ohjeet Ohjeluettelo

## 2 Laatuvaatimukset

### 2.1 Erikoistarkastuksen sisältö

Erikoistarkastukseen kuuluu

- tutustuminen tarkastuskohteen (taitorakenne) suunnitelmiin
- selvitettävä rakenteen oleelliset rakenneratkaisut ja rakenteellinen toimintatapa
- tutustuminen aiempiin tarkastuksiin (Taitorakennerekisteri)
- tarkastussuunnitelman laatiminen
- liikenteenohjaus ja turvallisuussuunnitelmien laatiminen
- liikennejärjestelyiden toteutus
- taitorakenteen yleistarkastus
- kenttätutkimusten ja -mittausten tekeminen
- näytteenotto ja näytekohtien paikkaaminen
- laboratoriotutkimusten tekeminen
- tarkastustietojen ja tutkimustulosten päivittäminen Taitorakennerekisteriin
- erikoistarkastusraportin laatiminen
- tarkastuskohteen alusrakenteiden ja tulopenkereiden geotekninen arviointi

Sillan omistajan vastuulle kuuluu

- Sillan puhdistus ja pesu ennen erikoistarkastusta.

### 2.2 Tarkastajien pätevyysvaatimukset

Erikoistarkastuksien tarkastustyöryhmässä on aina vähintään pää tarkastaja ja yksi tutkimusavustaja. Kokoonpano voi olla suurempikin, koostuen esimerkiksi seuraavista henkilöistä:

- Pää tarkastaja (raportin kirjoittaja tai raportin tarkastaja)
- Sillan tarkastaja (raportin kirjoittaja tai pää tarkastajan raportin tarkastaja)
- Tutkimusavustaja (mittaaja, poraaja, nuorempi insinööri yms.)
- Rakennetekniikan asiantuntija (betoni / teräs / puu)
- Geotekninen asiantuntija
- Siltakurjen tai muun nostoajoneuvon kuljettaja
- Törmäyssuoja-auton kuljettaja
- Erikoismittausten suorittajat (esim. ultraäänitarkastaja)
- Sukellustyönjohtaja + sukellustyöryhmä
- Ratatyöstä vastaava

Erikoistarkastuksen pää tarkastajalla pitää olla seuraavat pätevyudet:

- Liikenneviraston voimassa oleva yleistarkastajan pätevyys tarkastettavalle taitorakennetyypille:
  - Sillat → Sillan tarkastajan pätevyys
- Vähintään kolmen vuoden kokemus yleis- ja erikoistarkastusten tekemisestä
- On laatinut tai tarkastanut vähintään 10 erikoistarkastusraporttia
- FISEn myöntämä betonisten infrarakenteiden kuntotutkijan pätevyys

Erikoistarkastustyöryhmän sillantarkastajalla pitää olla seuraavat pätevyudet:

- Liikenneviraston voimassa oleva yleistarkastajan pätevyys tarkastettavalle taitorakennetyypille:
  - Sillat → Sillantarkastajan pätevyys
- Vähintään kahden vuoden kokemus yleistarkastusten tekemisestä

Päätarkastajan tehtävänä on vastata erikoistarkastustyön suorittamisesta ja raportoinnista asianmukaisesti ja laadukkaasti. Päätarkastajan on oltava kohteella koko kenttätutkimusvaiheen, josta voidaan poiketa, kun:

- Tutkimusryhmään kuuluva toinen sillantarkastaja on paikalla **ja**
- Tutkimusryhmä suorittaa erikoistarkastuksen kenttätöihin kuuluvia rutiininomaisia tehtäviä (esim. rakenteiden mittaustyöt, betonipeitteen mittaukset).

Muilta tarkastustyötä tekevilta henkilöiltä edellytetään perehtyneisyyttä tarkastusmenetelmiin ja tarkastusvälineiden käyttöön.

Tarkastusorganisaatioon sisällytetään myös rakenne- ja geotekniset asiantuntijat. Asiantuntijoiden hyödyntämisestä sekä tarvittavista maastokäynneistä on kerrottu jäljempänä ohjeessa.

Tarkastusorganisaatiossa pitää päätarkastajalla tai muilla asiantuntijoilla olla seuraavat materiaaalitekniset pätevyudet tarkastuskohteen päärakenneosan materiaalista riippuen sekä kyseisellä henkilöllä pitää olla kokemusta siltojen suunnittelusta:

- Betonirakenteet:
  - Betonirakenteiden vaativan luokan korjaussuunnittelijan pätevyys, betonisillat ja muut infrarakenteet
  - Betonirakenteiden suunnittelijan pätevyys uudisrakentamisessa (U) tai korjaus- ja muutostöissä (K) pätevyysluokassa poikkeuksellisen vaativa.
- Puurakenteet:
  - Puurakenteiden suunnittelijan pätevyys uudisrakentamisessa (U) tai korjaus- ja muutostöissä (K) pätevyysluokassa poikkeuksellisen vaativa.
- Teräsrakenteet:
  - Teräsrakenteiden suunnittelijan pätevyys uudisrakentamisessa (U) tai korjaus- ja muutostöissä (K) pätevyysluokassa poikkeuksellisen vaativa

Rakenneasiantuntijan tehtävänä on toimia päätarkastajan apuna rakenteellisten vaurioiden syiden selvittämisessä sekä arvioida vaurioiden vaikutusta sillan kantavuuteen. Rakenneasiantuntijan on käytävä kohteella, mikäli rakenteissa havaitaan kantavuuteen vaikuttavia vaurioita. Asiasta sovitaan erikseen tilaajan kanssa. Rakenneasiantuntija tarkastaa ja allekirjoittaa erikoistarkastusraportin, mikäli kohteessa on hänen asiantuntemustaan hyödynnetty.

Geoteknisen arvioinnin tekijällä pitää olla seuraava pätevyys:

- Pohjarakenteet:
  - Infrakohteiden pohjarakenteiden suunnittelijan pätevyys pätevyysluokassa vaativa tai tavanomainen (perustapauksissa) kuitenkin niin että asiantuntijalla on pätevyys suunnitella ko. kohdetta vastaava rakenne.
  - Infrakohteiden pohjarakenteiden suunnittelijan pätevyys pätevyysluokassa poikkeuksellisen vaativa vaaditaan aina, mikäli kohteissa havaitaan geoteknisiä ongelmia esim. tukien liikkeitä tai kohteen perustamistapa on sellainen, että on syytä epäillä perustuksen kapasiteettiä tai pitkäaikaiskestävyyttä (esim. savimaalle maanvaraisesti tai puupaaluttamalla perustetut kohteet).

## 2.3 Tarkastussuunnitelma

Erikoistarkastuspalvelun toimittajan on tehtävä kohdekohtainen tarkastussuunnitelma, josta selviää

- tarkastusorganisaatio
- tutkimusohjelma tarkastuskohteittain
- tarkastuksessa käytettävät tutkimuslaitteet ja muut varusteet
- tarkastuksessa käytettävät apuvälineet
- laboratorionäytteiden tutkimiseen käytettävä tutkimuslaitos
- työmenetelmät kohteen tarkastuksessa esim. lautta, telineet, yms.

Tarkastussuunnitelman laatijalla tulee olla erikoistarkastuksen päätarkastajan pätevyys.

Tarkastussuunnitelma on hyväksyttävä tilaajalla ennen töiden aloittamista.

## 2.4 Tutkimusvälineet ja tutkimukset

Tutkimusvälineiden tulee olla niiden valmistajien ohjeiden mukaisesti huollettuja ja kalibroituja. Kalibroitietojen dokumentoinnin tulee olla ajan tasalla.

Tutkimukset tehdään Liikenneviraston ohjeiden ja kustakin tutkimusmenetelmästä säädetyn voimassa olevan standardin mukaisesti.

## 2.5 Tutkimusten laajuus

Tässä asiakirjassa esitetään betoni- ja teräsrakenteiden sekä pintarakenteiden tutkimusten laajuutta koskevat laatuvaatimukset.

Teräsrakenteiden tarkastuksessa huomioidaan myös sillan laajennetut yleistarkastusohjeet osa 1: terässillat (6) sekä osa 2: köysisillat (7).

Puurakenteiden tarkastukset tehdään LO 36/2017 Puusillan laajennetun yleistarkastuksen -ohjetta (8) noudattaen pienten pyöröpuisten rakenteiden osalta. Ohjetta voidaan soveltuvin osin käyttää myös muiden puurakenteiden erikoistarkastuksissa.

**Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset – Sillat, 3.9.2018**

---

Isojen verhoiltujen puusiltojen tarkastusohjelmassa on erityistä huomiota kiinnitettävä kaari, tukiansas- ja Langer-palkkisiltojen pääkannattajien kantojen ja vetotankojen tarkastukseen ja suojaverhoilun purkamisen sekä uudelleen rakentamisen suunnitteluun.

Kivirakenteiden tarkastukset tehdään yleistarkastuskäytännön mukaisesti Taitorakenteiden tarkastusohjeen (1) sekä Sillantarkastuskäsikirjan (2) ohjeita noudattaen. Tarkempien erikoistutkimusten tarve tulee raportoida tilaajalle, joka päättää tutkimusten tekemisestä erillisinä rajattuina tarkastuksina erikoisasantuntijoiden toimesta.

Tässä määritetty tutkimusten laajuus on vähimmäisvaatimus. Erikoistarkastuspalvelun toimittaja esittää tarkastussuunnitelmassa kohdekohtaisen tarkastusohjelman.

Tutkimuksessa on aina varauduttava mahdollisten vara- tai lisänäytteiden ottoon huomioiden rakenteen kunto, ikä, rakennusajankohta, materiaali, rasitusolosuhteet jne. Tilaajan kanssa sovitaan tarjousvaiheessa periaatteet, miten lisänäytteiden osalta menetellään.

Vedenalaisten rakenteiden tarkastukset tehdään Liikenneviraston ohjeen LO 26/2016 Vedenalaisten taitorakenteiden tarkastusohjeen (9) mukaisesti. Konsultti esittää kohdekohtaisesti tilaajalle toteutettavan tutkimusmenetelmän, mikäli tilaaja ei ole itse menetelmää päättänyt. Vedenalaisten rakenteiden tutkimusmäärät konsultti esittää tilaajalle tutkimuskohteittain eriteltynä.

Rautatien yhteydessä olevien siltojen osalta on tilaajan määritettävä, voidaanko sillan erikoistarkastus toteuttaa riittävän kattavasti huomioiden ratatyön suojaulottuma (RSU), radan aukean tilan ulottuma (ATU) sekä sähköratamääräykset. Työskentely näiden alueiden rajoittamien alueiden sisäpuolella vaatii, tapauksesta riippuen, jännite- ja liikennekatkoja ja ne on selvitettävä, suunniteltava ja sovittava erikseen.

Päätarkastaja vastaa siitä, että näytteidenottopaikat ja muut tutkimusalueet määritetään ammattitaitoisella harkinnalla siten, että rakenteiden kunnosta ja vaurioista saadaan luotettavat tiedot. Oleellisten rakennepiirustusten tulee olla käytettävissä myös siltapaikalla.

Kotelorakenteisissa kohteissa kotelot tarkastetaan sisäpuolelta tarkastustyön alussa. Kotelosta löytyvien mahdollisten vaurioiden perusteella, ohjataan osa pintarakenneavauksista näille kohdille.

## 3 Yleistä mittauksista ja tutkimuksista

### 3.1 Betonipeitteen mittaus

Betonipeitemittarilla selvitetään suojaavan betonipeitteen paksuus sekä raudoitus-tankojen sijainti. Betonipeitepaksuuksia mitataan rakenneosakohtaisesti siten, että saadaan kattava yleiskuva betonipeitteen paksuudesta. Mittaustuloksissa on eriteltävä rakenteiden erilaiset osat. Betonipeitemittarin antamia tuloksia on hyvä verrata työmaalla esim. mitattuun kohtaan tehdystä aukipiikkauksesta.

### 3.2 Halkeamien kartoitus

Betonipintojen näkyvät halkeamat kartoitetaan rakenneosittain. Halkeamien luokittelu tehdään Sillantarkastuskäsikirjan (2) mukaisesti. Halkeamien syyt (aiheuttajat), suunnat, pituudet, leveydet ja syvyydet kirjataan raporttiin. Halkeamien leveydet voidaan selvittää esim. luupilla tai rakotulkillä. Syvien halkeamien vaikutussyvyydet selvitetään esim. timanttiporaamalla tai halkeamien syvyyden ilmaisemalla mittalaitteella.

### 3.3 Karbonatisoitumissyvyyden mittaus

Karbonisoitumissyvyys määritetään kohteessa joko aukipiikkauskohdasta tai rakenteesta irti poratusta lieriöstä. Lieriöstä saadaan huomattavasti tarkempi ja luotettavampi tulos. Karbonisoitumissyvyys määritetään käsittelemällä rakenne/näyte pH-indikaattorilla, joka muuttaa karbonatisoitumattoman osan värin punaiseksi (tai jokin muu väri, riippuen käytetystä pH-indikaattorista) ja mittaamalla karbonisoituneen kerroksen paksuus. Tutkimukset voidaan tehdä kohteessa lieriön pinnalta tai laboratoriossa halkaistulta pinnalta.

### 3.4 Kloridipitoisuuden mittaus

Kloridipitoisuus määritetään laboratoriossa porajauhenäytteestä tai koekappaleesta murskaamalla. Tarkoituksena on tutkia näytekohdan kloridipitoisuuden profiili, jolla voidaan arvioida kloridien tunkeumasyytyä ja sen vaikutusta rakenteen käyttöikäen. Kloridipitoisuus määritetään standardin SFS-EN 14629 (10) mukaisesti happoliukoisena betonin painosta.

Kloridit on mitattava rakenneosittain kohdista, joissa on suurin suolarasitus. Tällöin on otettava huomioon mm. sillan sivukaltevuus, liikenteen suunta, meriveden vaikutus ja mahdollinen kannen tai liikuntasauaman vesivuotovaurio.

*Suolarasitusta aiheuttaa myös pölynsidontaan käytettävä suolaus. Betonin kriittinen kloridipitoisuus raudoitteiden korroosion kannalta on betonin laadusta riippuen 0,03–0,07 % betonin painosta happoliukoisena määritettynä, jännitetyissä rakenteissa puolet em. arvoista. Korjaustöissä betonia purettaessa raudoituksen ympärille ei saa jäädä betonia, jonka kloridipitoisuus on suurempi kuin 0,02 %.*

Suolasumun otaksutaan vaikuttavan kuuden metrin etäisyydelle sillan alittavan suolattavan tien päällysteen reunasta. Päällysrakenteella palkkien ja kansilaatan liikenteen tulosuunnan puoleisen ulkokyljen pysty- ja vinopinnat (kaltevuus > 1:3).

Meren suolasumurasitus vaikuttaa kaikkiin ulkoilman kanssa kosketuksissa oleviin pintoihin. Meren suolasumurasitus vaikuttaa 100 m:n etäisyydelle rannasta.

Näytesarja käsittää näytteet 0–20 mm, 20–40 mm ja 40–60 mm syvyydeltä. Vertailunäytteellä tarkoitetaan rakenteesta ”puhtaasta” pinnasta otettua näytekohtaa.

Kansilaatan yläpinnasta tutkitaan vain 0–20 mm näyte, jos ko. näytteen kloridipitoisuus on < 0,03 p-%. Vastaavasti 40–60 mm näyte tutkitaan, jos syvyydellä 20–40 mm kloridipitoisuus on > 0,03 p-%.

Muista rakenneosista otetut näytesarjat tutkitaan aina kokonaisuudessaan (kloridien huuhtoutuminen pinnalta, kloridilähde rakenteen ”takana”).

Kloridipitoisuuden näytteenotto tehdään voimassa olevan ohjeistuksen mukaisesti. Näytteenotto voidaan tehdä jauheena tai näytelieriönä.

## 3.5 Tartuntavetolujuuden mittaus

Betonin tartuntavetolujuutta mitataan rakenneosittain kohdista, joissa betoni on voimakkaimmin alttiina pakkasrasitukselle. Vetolujuus tutkitaan betonirakenteesta irtiporatusta näytekappaleesta vetokokeella standardin SFS 5445 (11) mukaisesti. Irtiporatun näytekoekappaleen **halkaisija on  $\geq 70$  mm**. Hyvin tiheästi raudoitetuissa rakenteissa esim. pyöreät pilarit näytekoekappaleen halkaisijaa voidaan pienentää mutta ei kuitenkaan alle 50 mm.

Koe uusitaan, jos yksittäinen mittaustulos on < 1,5 N/mm<sup>2</sup>. Uusintakoe tehdään samalle koekappaleelle liimaamalla koekappale murtopinnasta yhtenäiseksi.

Raportoinnissa on esitettävä vetolujuuden ja syvyyden lisäksi murtotapa ja syy.

Kenttätutkimusten yhteydessä on jatkuvasti arvioitava rakenteen betonin laatua. Epäiltäessä betonin tai näytekappaleiden laatua on rakenteesta otettava kenttätöiden yhteydessä ylimääräisiä rakennekoekappaleita (varanäytteet), jotta laboratoriotutkimuksista saadaan riittävän kattavat tulokset.

## 3.6 Ohuthietutkimukset

Ohuthie- eli optisella mikrorakennetutkimuksella selvitetään betonin laatu ja vaurioiden syyt. Tutkimus tehdään irti poratuista näytteistä laboratoriossa standardin ASTM C856 (12) mukaisesti. Tutkimussyvyys on 0–76 mm.

### 3.7 Alkalikiviainesreaktio (AKR)

Alkalikiviainesreaktiolla on kolme "alalajia" eli alkalipiioksidireaktio (ASR), alkali-karbonaattireaktio (ACR) ja alkalisilikaattireaktio. Näistä yleisin on alkalipiioksidi-reaktio, joka on betonissa kemiallisesti tapahtuva reaktio, joka voi aiheuttaa betonin laadun heikkenemistä. Reaktio tuottaa geeliä, joka reagoidessaan veden kanssa paisuu ja johtaa betonin sisäisten jännitysten syntymiseen. Jännitykset voivat aiheuttaa betonin rapautumista ja halkeilua.

Kansilaatan yläpinnan tutkimuksissa osa ohuthienäytteistä jatketaan ~80–160 syvyydelle (76 mm näyte), joiden tarkoituksena on selvittää mahdollista alkalikiviainesreaktiota. Reaktiotuotteita esiintyy yleensä syvemmillä rakenteissa, jonka perusteella tutkitaan kyseinen syvyys.

Alkalipiioksidireaktion edellytyksenä ovat:

- Reaktiivinen kiviaines.
- Korkea alkalipitoisuus.
- Kosteus. Alkalipiioksidireaktiota voi esiintyä betoneissa, jonka suhteellinen kosteus on yli 80 % pitkiä aikoja. Paisuminen kasvaa suhteellisen kosteuden kasvaessa.
- Lämpötila toimii reaktiossa katalyyttinä. Lämpötilan kasvaessa myös reaktion nopeus kasvaa.

### 3.8 Betonin puristuslujuus ja kimmovasaramittaus

Betonin pinnat koputellaan vasaralla mahdollisimman laaja-alaisesti mahdollisten rapautuma- ja vauriopaikkojen löytämiseksi.

Kimmovasaratestauksella voidaan arvioida uuden betonin puristuslujuutta. Testaus on tehtävä Liikenneviraston viimeisimmän voimassa olevan "Kimmovasaran käyttäjän ohje" (13) mukaisesti huomioiden siinä esitetyt rajoitukset testauksen osalta. Käytännössä kimmovasaratestauksella ei välttämättä saada oikeaa kuvaa vanhan karbonatisoituneen betonin todellisesta puristuslujuudesta. Testauksia voidaan kuitenkin suorittaa mm. laajempien alueiden betonipintojen rapautumien ja lujuusvaihteluiden selvittämiseen. Mittaustulokset kirjataan rakenneosittain ja testauskohdittain.

Betonin todellinen puristuslujuus selvitetään rakenteesta irtiporatuista näytekoekappaleista. Näytekoekappaleen halkaisijan pitää olla  $\geq 80$  mm. Yhdestä kohteesta otetut puristuslujuusnäytteet pitää olla samankokoiset. Näytteiden irroituksessa sekä testauksessa laboratoriossa noudatetaan standardeja SFS-EN 12504-1 (14) ja SFS-EN 12390-1 (15). Tarkastusorganisaatioon kuuluva rakennesuunnittelija määrittää kohdekohtaisesti riittävän näytteenottomäärän, mikäli tarve on minimimäärää suuremmalle otannalle.



## 3.9 Pintarakenteiden avaus ja poraustyöt

Sillan pintarakenteet tutkitaan mahdollisimman kattavasti, jotta saadaan käsitys kansilaatan yläpinnan kunnosta. Tällöin tulee ottaa huomioon mm. sillan sivukaltevuus, päällysrakenteen kallistukset ja kuivatuslinjat sekä mahdollinen kannen vesivuotovaurio.

Pintarakenteet avataan lieriöporalla tai piikkaamalla. Lieriöporan halkaisijan tulee olla päällystettä porattaessa vähintään 100 mm, paksumpia päällystekerroksia porattaessa 150–250 mm. Piikkaamalla tehtävä avaus on rajattava suoraviivaiseksi timanttisahalla.

Näytteenotto tehdään timanttiporaamalla rakenteista ehjät näytelieriöt.

Rautatiesilloilla sekä maatäytteisillä silloilla saattaa olla täyttöä rakenteiden päällä niin paljon, että näytteenotto on mahdotonta yläkautta vaarantamatta pintarakenteiden vakavuutta. Näissä tapauksissa näytteenoton voi suorittaa alakautta päällysrakenteen läpi poraamalla. Asiasta on aina sovittava erikseen tilaajan kanssa.

Pintarakenteiden avauksista ja betonilieriöiden näytteenotosta on laadittava menetelmäkuvaukset tutkimussuunnitelman yhteydessä.

## 3.10 Raudoituksen korroosiotilan määrittäminen

Raudoitusten korroosiotilaa (potentiaali-, ominaisvastus- ja/tai polarisaatiomittaus) mitataan vain erikoistutkimuksena, jos perustutkimuksessa tälle nähdään tarvetta (1 s. 88). Ainetta rikkomattomilla menetelmillä pyritään selvittämään laaja-alaisemmin raudoituksen korroosiotilaa. Mittauksia voidaan käyttää hyväksi, jos suunnitellaan laajempia ainetta rikkovia tutkimusmenetelmiä korroosiotilan selvittämiseksi. Mittauksia ei tehdä, jos yleistarkastuksen perusteella raudoituksen korroosiotila on 3 tai 4.

Silmämääraisten havaintojen tai tutkimuksissa esille tulleiden havaintojen perusteella tehdään myös terästen esiin piikkauksia korroosiotilanteen tai teräksen laadun/halkaisijan tarkastamiseksi sekä esim. betonipeitemittausten varmistamiseksi. Auki piikkauksia tehdään tilaajan erillisellä päätöksellä. Piikkauksia suositellaan tehtäväksi seuraavista paikoista:

- kannen alapinnasta pääterästen ja raudoituseriaatteen varmistamiseksi
- välitukipilareista
- selkeistä betonivauriokohdista teräskorroosiotilan arvioimiseksi
- betonipeitemittausten kalibroimiseksi (mm. mitattavan pääteräksen halkaisija)

### 3.11 Jännitetyt rakenteet

Jännitettyjen rakenteiden tarkastuksessa on kiinnitettävä huomiota erityisesti seuraaviin asioihin:

- Jännekaapeleiden sijainti on selvitettävä piirustuksista ja huomioitava ns. "varoalue" poraustyön yhteydessä.
- Jännitettyjen kaukalopalkkien yläpinnan kuntoon on kiinnitettävä erityistä huomiota.
- Jälkivalujen kunto ja saumojen tiiveys on tarkastettava visuaalisesti, mikäli kyseisiin paikkoihin pääsee tarkastamaan.
- Liikuntasaumojen vesivuotoihin ja niiden vaikutuksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota.
- Jänteiden NDT-tutkimuksia, ulkoisia avauksia sekä injektointilaastin tutkimuksia tehdään erikseen, kun asiasta on sovittu tilaajan kanssa.

### 3.12 Betonin erikoistutkimukset

Betonin erikoistutkimuksia tehdään, jos perustutkimuksissa tälle nähdään tarvetta. Mittauksista sovitaan erikseen tilaajan kanssa.

Jännitysaaltoihin/värähtelyyn perustuvat menetelmät kuuluvat uusiin ainetta rikkomattomiin tutkimusmenetelmiin. Tällä hetkellä käytössä ovat ainakin seuraavat menetelmät:

- Pulse Echo
- Impact Echo
- Impulse response

Tarkastusmenetelmien mittaustulosten tulkinta on vaativaa ja haasteellista. Mittaukset kannattaa tilata henkilöltä, joilla on riittävä kokemus laitteiden käytöstä sekä tulkinnasta.

Gamma- tai röntgenkuvauksella saadaan selville raudoitustankojen koko ja sijainti sekä betonipeitteen paksuus. Mittaus on harvoin käytetty.

### 3.13 Teräksen tutkimusmenetelmät

Teräksen tutkimusmenetelmiä on laajemmin ja perusteellisemmin käsitelty ohjeessa SILKO 1.302 (16). Teräsrakenteiden erilaisia tutkimusmenetelmiä ovat ainakin:

- teräksen materiaaliominaisuuksien määrittäminen,
- materiaalien paksuuden määrittäminen,
- pinnoitteen laadun selvittäminen,
- kattavan pinnoitepaksuuden ja sen kunnon määrittäminen,
- hitsausliitoksen kunnon selvittäminen,
- pultti- ja niittiliitosten kunnon selvittäminen.

Teräksen **lujuus- ja sitkeysominaisuudet** sekä **hitsattavuus** selvitetään ensisijaisesti toteutusasiakirjoista ja piirustuksista. Mikäli em. asiakirjoista ei voida luotettavasti teräksen ominaisuuksia todentaa, otetaan rakenteesta näytekappale laboratorio-analyysyä varten. Näytekappaleen irroittamisen kohdan määrittää tarkastusorganisaation teräsrakenneasiantuntija. Näytteistä tehtäviä tutkimuksia ovat ainakin:

- Vetokokeessa mitataan koekappaleen vetokestävyyttä ja venyvyyttä. Mittauksen perusteella määritetään materiaalin myötölujuus, vetolujuus ja murtovenymä.
- Charpy V-iskusitkeys-kokeessa materiaalin iskusitkeysominaisuudet (pakkasenkestävyys, haurasmurtuma) selvitetään tutkimalla materiaalin iskusitkeyttä eri lämpötiloissa. Koetta ei tehdä alle 6 mm paksuisille ainevahvuuksille.
- Materiaalin kemiallisella analyysillä selvitetään teräksen koostumus ja hitsattavuus.

**Ultraäänimittauksella ja magneettijauhettutkimuksella** etsitään säröjä teräsrakenteista ja tarkastetaan hitsien kunto.

**Halkeamavärien (tunkeumaneste)** avulla voidaan myös havaita rakenteen pinnassa olevat säröt ja vauriot.

**Röntgen ja gammasäteilyn** avulla voidaan havaita materiaalin sisäiset epäjatkuvuuskohtat, mutta ei niiden syvyysijaintia.

Teräsrakenteiden tutkimuksissa on käytettävä voimassa olevan ohjeistuksen mukaisia menetelmiä sekä henkilöitä, joilla on kokemus ja pätevyys kyseiseen mittaamenetelmään. Niittiliitosten ultraäänitarkastus suoritetaan Liikenneviraston ohjeen Niittattujen siltarakenteiden niittien UT-testaus mukaisesti (Liite 1).

## 3.14 Puun tutkimusmenetelmiä

Puurakenteiden tutkimusmenetelmiä ja ohjeistusta on käsitelty LO 36/2017 Puusillan laajennetun yleistarkastuksen -ohjeessa (8).

## 3.15 Muita tutkimusmenetelmiä

**Endoskoopilla** tarkastellaan esim. siltojen päätyjä ja ahtaita tiloja, joihin visuaalinen tarkastelu on muuten mahdotonta purkamatta rakenteita. Erityistä huomiota on kiinnitettävä suolattujen teiden ja jännitettyjen rakenteiden päätyjen/jälkivalujen kuntoon.

**Monitorointi** on rakenteen tai sen rakenneosan jatkuvaa tai jaksottaista mittaamista ja tiedon analysointia.

**Siltojen koekuormitukset** ovat vakiintuneet käytössä olevien siltojen erikoistutkimusmenetelmiksi, kun halutaan määrittää mm. niiden kantavuutta, vahventamistarvetta ja vahventamismenetelmien toimivuutta.

**Siltatutkaus** on sillan kannella tehtävää maatumkausta, jolla tutkitaan pintarakenteita.

### Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset - Sillat, 3.9.2018

**Lämpökameramittauksella** tutkitaan rakenteen pintalämpötiloja. Lämpökameran avulla saadaan selville mm. vedeneristyksen tartunta betonipintaan tai vesivuotokohdat muusta rakenteesta poikkeavien lämpötilojen perusteella.

**Materiaalien haitta-ainepitoisuudet** tutkitaan näytepaloista laboratorioissa voimassa olevien standardien mukaisesti. Haitta-aineksia saattaa esiintyä mm. maalausyhdisteissä, pinnoitteissa, elastisissa saumaussmassoissa ja vedeneristeessä. Tyypillisiä haitta-aineita ovat asbesti, PAH-yhdisteet, PCB-yhdisteet ja haitalliset metalliyhdisteet (esim. lyijy).

*Taulukko 1. Haitta-aineiden esiintyminen eri aikakausina*

Materiaali / tutkittavat haitta-aineet	Asbesti ennen vuotta 1994	PCB ennen vuotta 1984	PAH ennen vuotta 1980	Raskas- metallit, sisältää lyijyn	Lyijy ennen vuotta 1990
sauma-aineet	kyllä	kyllä	ei	ei	kyllä
eristeet	kyllä	ei	kyllä	ei	ei
teräasmaalit	kyllä	kyllä	ei	kyllä	ei
betonimaalit ja pinnoitteet	kyllä	kyllä	ei	kyllä	ei

## 4 Siltojen tutkimukset

### 4.1 Sillan päätyrakenne, betoni

#### Betonipeitteen mittaus

- Mitataan kattavasti etumuurit ja siipimuurit.

#### Karbonatisoitumissyvyyden mittaus

- Kummastakin etumuurista otetaan vähintään 1 näyte.
- Siipimuureista otetaan vähintään 1 näyte/siipimuuri.

#### Kloridipitoisuuden mittaus (kloridirasitetut rakenteet)

- Vesivuotokohdasta otetaan 1 näytesarja sekä vuotoalueen läheisyydestä 1 näytesarja (selvitettävä vaurion laajuus).
- Kummastakin etumuurista otetaan vähintään 1 näytesarja.
- Siipimuureista otetaan vähintään 1 näytesarja / siipimuuri.
- Liikuntasaumalaitteen alapuolisesta otsamuurista otetaan vähintään 1 näytesarja.

#### Kloridipitoisuuden mittaus (EI kloridirasitetut rakenteet)

- Päätyrakenteista otetaan aina 1 näytesarja/päätyrakenne.

#### Tartuntavetolujuuden mittaus

- Kummastakin etumuurista tehdään vähintään 1 vetokoe.
- Siipimuureista tehdään vähintään 1 vetokoe/siipimuuri.

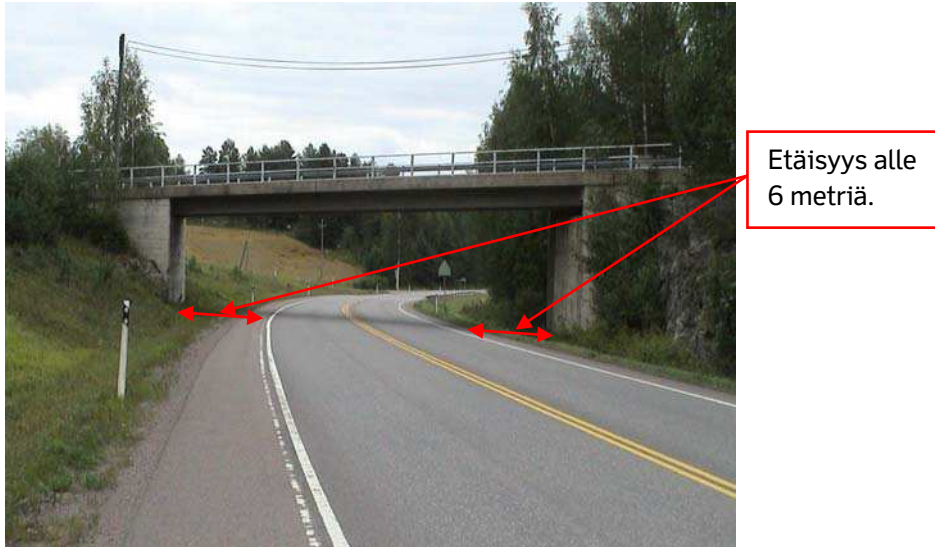
#### Betonin ohuthietutkimukset

- Maatuista tehdään vähintään 1 ohuthietutkimus syvyydeltä 0–76 mm.

#### Betonin pinnoitukset

- Pinnoitteista tutkitaan haitta-aineet (asbesti, PCB-yhdisteet sekä lyijypitoisuus), mikäli rakenteen ikä antaa tutkimukselle aiheutta ja pinnoitteita ei ole uusittu.

Massiiviset etumuurit, joiden etäisyys alta kulkevan väylän päällysteen reunasta on alle 6 metriä, tutkitaan vastaavalla tavalla kuin massiiviset välituet.



Kuva 1. Sillan etumuuri tutkitaan kuin massiivinen välituki.

## 4.2 Välitukirakenteet, betoni

### Betonipeitteen mitta

- Välituista tutkitaan vähintään puolet tukien/pilareiden määrästä. Ajoin lähellä olevat välituet ovat ensisijaisia mittaushkohteita. Pilaritukien betonipeitteet on mitattava pilarin kaikilta sivuilta.

### Karbonatisoitumissyvyyden mitta

- Välituista otetaan vähintään 3 näytettä
  - Useampiaukkoisessa sillassa näytteet otetaan eri tukilinjoilta.
  - Jos välitukilinjoja on enemmän kuin kolme näytteitä otetaan lisää 1 kpl joka toisesta tukilinjasta.

### Kloridipitoisuuden mitta (kloridirasitetut rakenteet)

- Merivesirasitetun sillan välituista otetaan 2 näytesarjaa / tukilinja (etäisyys rannasta alle 100 m).
  - Näytesarjat otetaan eri korkeuksilta eli n. 0,5 m:n ja n. 2,5 m:n korkeudelta vedenpinnasta.
- Suolattavan väylän ylittävistä silloista jokaisesta risteävää ajorataa lähellä olevasta ( $\leq 6$  m) välitukilinjasta otetaan näytteitä seuraavasti:
  - Massiivisesta välituesta otetaan 2 näytesarjaa liikenteen tulosuunnan puoleiselta sivulta. Näytesarjat otetaan n. 0,5 m:n ja n. 2,5 m:n korkeudelta. Lisäksi 1 vertailunäytesarja otetaan suojaisalta alueelta esim. tuen ”takaa”.
  - Tukilinjän pilareista tutkitaan 2 näytesarjaa / pilari. Näytesarjat otetaan n. 0,5 m:n ja n. 2,5 m:n korkeudelta.
    - Pilareiden lukumäärän ollessa 1–3 / tukilinja, tutkitaan kaikki pilarit.
    - Pilareiden lukumäärän ollessa 4 tai enemmän tutkitaan 3 pilaria. Tutkimushkohteet sijoitetaan rasitusolosuhteisiin nähden edustavimpiin paikkoihin.
  - Tukilinjän pilareista tutkitaan lisäksi 1 vertailunäytesarja/tukilinja suojaisalta alueelta esim. tuen ”takaa”.

**Kloridipitoisuuden mittaaminen (EI kloridirasitetut rakenteet)**

- Välitukirakenteista otetaan aina 1 näytestarja/tukilinja. Tukilinjojen määrän ollessa 1–3 tutkitaan kaikki tukilinjat. Mikäli suolarasitettuja tukilinjajoja on enemmän kuin 3 kpl, tutkimusmäärä ei tarvitse lisätä yli 3 kpl:een vaan näytepaikat sijoitetaan edustavasti rasitusolosuhteet huomioiden.
  - Tarkoituksena on varmistua, ettei betonin valmistuksessa ole käytetty suolaa tai alta kulkevaa väylää ei ole ajan saatossa suolattu.

**Tartuntavetolujuuden mittaaminen**

- Suolattavan väylän ylittävistä silloista jokaisesta risteävää ajorataa lähellä olevasta ( $\leq 6$  m) välitukilinjasta tehdään vetokokeet seuraavasti:
  - Massiivisesta (seinämäisestä) välituesta vähintään 2 kpl vetokoetta/tukilinja.
  - Tukilinjajen pilareiden lukumäärän ollessa 1–3/tukilinja, tutkitaan kaikki pilarit.
  - Tukilinjajen pilareiden lukumäärän ollessa 4 tai enemmän tutkitaan 3 pilaria.
  - Näiden lisäksi tehdään 1 kpl vertailuvetokoe kauempaa välituesta, jossa rasitusolosuhteet ovat kevyemmät.
- Välituista tehdään kuitenkin aina vähintään 3 vetokoetta.
- Tutkimuskohteet sijoitetaan rasitusolosuhteisiin nähden edustavimpiin paikkoihin, jotta saadaan hyvä kokonaiskuva rakenteiden kunnosta.

**Betonin ohuthietutkimukset**

- Välituista tehdään aina vähintään 1 kpl ohuthietutkimuksia syvyydeltä 0–76 mm.
- Suolarasitetusta välitukilinjasta tehdään 1 kpl ohuthietutkimus/tukilinja.
  - Mikäli suolarasitettuja tukilinjajoja on enemmän kuin 3 kpl, tutkimusmäärä ei tarvitse lisätä yli 3 kpl:een vaan näytepaikat sijoitetaan edustavasti rasitusolosuhteet huomioiden.

**Betonin pinnoitukset**

- Pinnoitteista tutkitaan haitta-aineet (asbesti, PCB-yhdisteet sekä lyijypitoisuus), mikäli rakenteen ikä antaa tutkimukselle aiheutta ja pinnoitteita ei ole uusittu.

## 4.3 Reunapalkkirakenteet, betoni

Reunapalkin yleiskuntoarvion ollessa 3 tai 4, reunapalkista ei tehdä tutkimuksia visuaalisten havaintojen lisäksi. Tällöin oletuksena reunapalkin korjaustoimenpiteeksi on uusiminen. Reunapalkeissa on mahdollisuus, että toinen puoli on uusittu ja toinen on alkuperäinen, jolloin niiden kuntoarviot voivat olla täysin erilaiset. Tällöin tutkimukset keskitetään ehjään reunapalkkiin, mikäli sen kuntoarvio on välillä 0–2.

Rautatiesilloilla reunapalkkien tarkastuksessa ja raportoinnissa on kiinnitettävä huomiota myös huoltokäytävän kiinnitysmahdollisuuteen ja tarpeeseen. Huoltokäytävän kiinnityksestä silltaan on määritetty ohjeessa Rautatiesiltojen korjaussuunniteluohje LO 12/2016 (17).

### **Betonipeitteen mitta**

- Reunapalkit mitataan kattavana otantana.

### **Karbonatisoitumissyvyyden mitta**

- Reunapalkeista otetaan yhteensä vähintään 3 näytettä.
  - Näytteet otetaan molemmiin puoliin silltaa.

### **Kloridipitoisuuden mitta**

- Reunapalkeista otetaan yhteensä vähintään 3 näytesarjaa (kaikissa kohteissa).
- Kloridirasitetuista reunapalkeista otetaan näytesarjat sillan kokonaispituuden suhteen seuraavasti (näytteet yhteensä koko sillalta):
  - 2–10 m; 3 näytesarjaa
  - 10–20 m; 4 näytesarjaa
  - 20–40 m; 5 näytesarjaa
  - 40–80 m; 6 näytesarjaa
  - > 80 m; 7 näytesarjaa
- Näytteitä otetaan sillan molemmilta reunoilta, huomioiden reunapalkkien kunto ja rasitusolosuhteet.

### **Tartuntavetolujuuden mitta**

- Reunapalkeista tehdään vetokokeet sillan kokonaispituuden suhteen seuraavasti (näytteet yhteensä koko sillalta):
  - 2–10 m; 2 vetokoetta
  - 10–20 m; 3 vetokoetta
  - 20–40 m; 4 vetokoetta
  - 40–80 m; 5 vetokoetta
  - > 80 m; 6 vetokoetta
- Näytteitä otetaan sillan molemmilta reunoilta, huomioiden reunapalkkien kunto ja rasitusolosuhteet.

### **Betonin ohuthietutkimukset**

- Reunapalkeista tehdään vähintään 1 ohuthietutkimus.
- Yli 40 m pitkässä sillassa (kokonaispituus) tehdään vähintään 2 ohuthietutkimusta.

### **Betonin pinnoitukset**

- Pinnoitteista tutkitaan haitta-aineet (asbesti, PCB-yhdisteet sekä lyijypitoisuus), mikäli rakenteen ikä antaa tutkimukselle aihetta ja pinnoitteita ei ole uusittu.



## 4.4 Päällysrakenteen yläpinta, betoni

### Kloridipitoisuuden mittaaminen (kloridirasitettu rakenne)

- Kaikista pintarakenteiden avauskohdista kansilaatan yläpinnasta otetuista poranäytteistä tutkitaan 1 näytesarja.

### Rakenteet, joilla ei ole ulkoisia suolarasituksia

- Pintarakenteiden avauskohdista kansilaatan yläpinnasta otetuista poranäytteistä tutkitaan 2 näytesarjaa. Jos niissä todetaan klorideja, tutkitaan lisäksi 1 näytesarja kaikista muistakin kansilaatan yläpinnan poranäytteistä.

### Tartuntavetolujuuden mittaaminen

- Kaikista pintarakenteiden avauskohdista kansilaatan yläpinnasta otetuista poranäytteistä tehdään vähintään 1 vetokoe.

### Betonin ohuthietutkimukset

- Kaikista pintarakenteiden avauskohdista kansilaatan yläpinnasta otetuista poranäytteistä tehdään vähintään 1 ohuthietutkimus syvyysalueelta 0–76 mm.
- Pintarakenteiden avauskohdista ohuthietutkimuksia tehdään syvyysalueelta 80–160 mm ohuthienäytteenä seuraavasti (mikäli rakennepaksuus on yli 250 mm):
  - < 300 m<sup>2</sup>; 2 kpl
  - 300–1000 m<sup>2</sup>; 3 kpl
  - > 1000 m<sup>2</sup>; 4 kpl

### Vedeneristeen ongelmajätteiden selvittäminen

Vedeneristeestä otetaan pintarakenteen avauksen yhteydessä näytepalat laboratorio-tutkimuksia varten, joissa selvitetään eristemateriaalin mahdollisesti sisältämät myrkylliset ja haitalliset aineet. Eristeestä tutkitaan PAH- ja asbestipitoisuus. Mikäli sillassa on useita erityyppisiä ratkaisuja, tutkitaan kaikista erikseen PAH- ja asbestipitoisuus.

### Pintarakenteiden avauskohdan visuaaliset havainnot

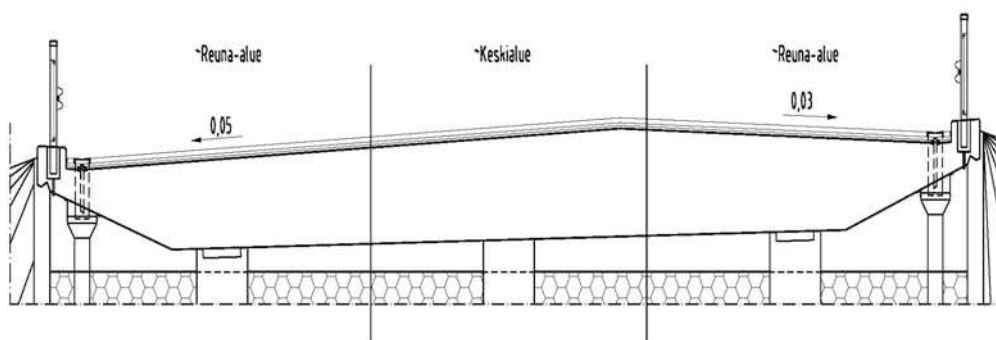
Jokaisesta pintarakenteiden avauskohdasta kirjataan vähintään seuraavat visuaaliset havainnot:

- Rakennekerrosten paksuudet ja materiaalit
- Kannen yläpinnan laatu ja rapautuneisuus
- Näytepaloihin osuvien halkeamien suunta, koko ja mahdollinen aiheuttaja
- Suojabetonin paksuus ja kunto
  - Suojabetonin ollessa hyväkuntoinen avauskohdan näytelieriö(t) otetaan talteen. Tilaajan kanssa erikseen sovittaessa näytteistä voidaan tehdä esim. kloridi-, vetokoe- tai ohuthietutkimuksia. Suojabetonin tutkiminen voi tulla kyseeseen korjaustapauksissa, joissa suojabetonia ei pureta vaan jätetään rakenteeseen esim. EBDM-kumimaton alle.
- Vesieristeen tyyppi (kermi, jute, lasikuitukangas yms.)
- Vesieristeen tartunta alustaan ja kunto/elastisuus.

Taulukko 2. Kannen pintarakenteiden avausmäärät kansipinta-alan perusteella.

Kansipinta-ala	Reuna-alue	Keskialue	Yhteensä
< 100 m <sup>2</sup>	2 kpl	1 kpl	3 kpl
100–300 m <sup>2</sup>	2 kpl	2 kpl	4 kpl
300–1000 m <sup>2</sup>	3 kpl	2 kpl	5 kpl
1000–5000 m <sup>2</sup>	4 kpl	3 kpl	7 kpl
> 5000 m <sup>2</sup>	5 kpl	4 kpl	9 kpl

Pintarakenteiden avauksia tehdään aina sillan molemmilta puolilta. Avauksia ei saa sijoittaa vain sillan toiselle puolelle esim. perustelulla, että vältetään liikennejärjestelyiden kääntämiseltä. Pintarakenteiden avauskohtien sijoittamisella pyritään saamaan mahdollisimman kattava kuvaus kansilaatan yläpinnan kunnosta. Tutkimussuunnitelmassa on esitettävä alustava esitys pintarakenteiden avauslinjoista, jotka päätarkastaja kohdentaa paikan päällä yleistarkastuksessa tehtyjen havaintojen perusteella. Alla esitetty kuva on viitteellinen ja jokaisen sillan rasitusolosuhteet on päätarkastajan mietittävä tapauskohtaisesti.



Kuva 2. Täydentävä kuva taulukon 2 aluejakoon.

Taulukko 3. Yhteenveto pintarakenteiden avauskohdista tehtävästä tutkimuksista.

Kansipinta-ala	Avauksia	Kloridi-sarjat (kloridi-rasitettu raken-	Kloridi-sarjat (EI kloridi-rasitettu	Vetokoe	Ohuthie 0–76 mm	Ohuthie 80–160 mm
< 100 m <sup>2</sup>	3	3	2	3	3	2
100–300 m <sup>2</sup>	4	4	2	4	4	2
300–1000 m <sup>2</sup>	5	5	2	5	5	3
1000–5000 m <sup>2</sup>	7	7	2	7	7	4
> 5000 m <sup>2</sup>	9	9	2	9	9	4

## 4.5 Päällysrakenteen alapinta, betoni

### **Betonipeitteen mitta**

- Päällysrakenteen alapinta mitataan kattavana otantana aukoittain.
  - Tulokset esitetään rakenneosittain.

### **Karbonatisoitumissyvyyden mitta**

- Kansilaatan alapinnasta otetaan vähintään 2 näytettä ja kansilaatan sivupinnoista/reunaulokkeista otetaan vähintään 2 näytettä.
  - Jos silta-aukkoja on enemmän kuin 3, näytteitä otetaan vähintään 6.
- Pääkannattajien sivupinnoista otetaan vähintään 2 näytettä.
  - Jos silta-aukkoja on enemmän kuin 3, näytteitä otetaan vähintään 3.
- Näytteet otetaan sillan molemmilta reunoilta ja useampiaukkoisessa em. näytteet otetaan eri silta-aukoista.

### **Kloridipitoisuuden mitta (kloridirasitettu rakenne)**

- Kansilaatan sivupinnoista (laattasillat) otetaan yhteensä vähintään 4 näytesarjaa.
  - Näytteitä otetaan sillan molemmilta reunoilta.
  - Reunakaistallisissa laattasilloissa kansilaatan sivupinnoista otetaan kohdan 4.3 reunapalkkirakenteet mukaiset näytemäärät.
- Suolasumun rasittaman risteys sillan päällysrakenteen alapinnasta otetaan 1 näytesarja/liikenneaukko.
- Meren suolasumun rasittaman sillan kannen alapinnasta otetaan 2 näytesarjaa.
- Jos kansilaatan alapinnassa on vesivuotovaurio, otetaan pahimmalta vuotoalueelta 1 näytesarja.
- Päällysrakenteen alapinnasta otetaan aina vähintään 1 näytesarja ”kuivalta” vertailualueelta.

### **Tartuntavetolujuuden mitta**

- Kansilaatan alapinnasta tehdään vähintään 2 vetokoetta. Jos silta-aukkoja on enemmän kuin 3, vetokokeita tehdään vähintään 3.
- Kansilaatan sivupinnoista (laattasillat) / reunaulokkeista tehdään vähintään 2 vetokoetta, kun silta-aukkoja on 1–2. Silta-aukkojen määrän ollessa  $\geq 3$  vetokokeita tehdään vähintään 4.
  - Näytteet otetaan sillan molemmilta reunoilta.
  - Reunakaistallisissa laattasilloissa kansilaatan sivupinnoista otetaan kohdan 4.3 reunapalkkirakenteet mukaiset näytemäärät.
- Pääkannattajista tehdään vähintään 3 vetokoetta. Jos silta-aukkoja on enemmän kuin 3, vetokokeita tehdään vähintään 4.
- Useampiaukkoisessa sillassa em. näytteet otetaan eri silta-aukoista.

### **Betonin ohuthietutkimukset**

- Päällysrakenteen alapinnasta tehdään vähintään 2 ohuthietutkimusta, joista vähintään toinen sillan reuna-alueelta (esim. ulokkeen alapinnasta).

### **Betonin puristuslujuustutkimukset**

- Päällysrakenteesta otetaan vähintään 3 kpl puristuslujuusnäytettä.

### **Betonin pinnoitukset**

- Pinnoitteista tutkitaan haitta-aineet (asbesti, PCB-yhdisteet sekä lyijypitoisuus), mikäli rakenteen ikä antaa tutkimukselle aiheutta ja pinnoitteita ei ole uusittu.

## 4.6 Päällysrakenne, teräs

### 4.6.1 Teräsrakenteiden pinnoitepaksuus

Pinnoitepaksuuksia mitataan SILKO 1.351 liitteen 3 mukaisesti, jotta saadaan käsitys pintakäsittelyn paksuudesta. Tarkastusalueeksi valitaan 1 poikkileikkaus/silta-aukko, joka sisältää kaikki rakenneosat.

Tulokset kirjataan pää rakenneosittain jokaisella tukivälillä erikseen.

- Pääkannattajat,
- poikkipalkit ja
- kaiteet.

Erityistä huomiota tulee kiinnittää liikuntasaumalaitteiden ja siltakannen hulevesiviemäreiden kohdalle.

### 4.6.2 Teräsrakenteiden niittiliitosten tarkastus

#### Teräspalkkisillat

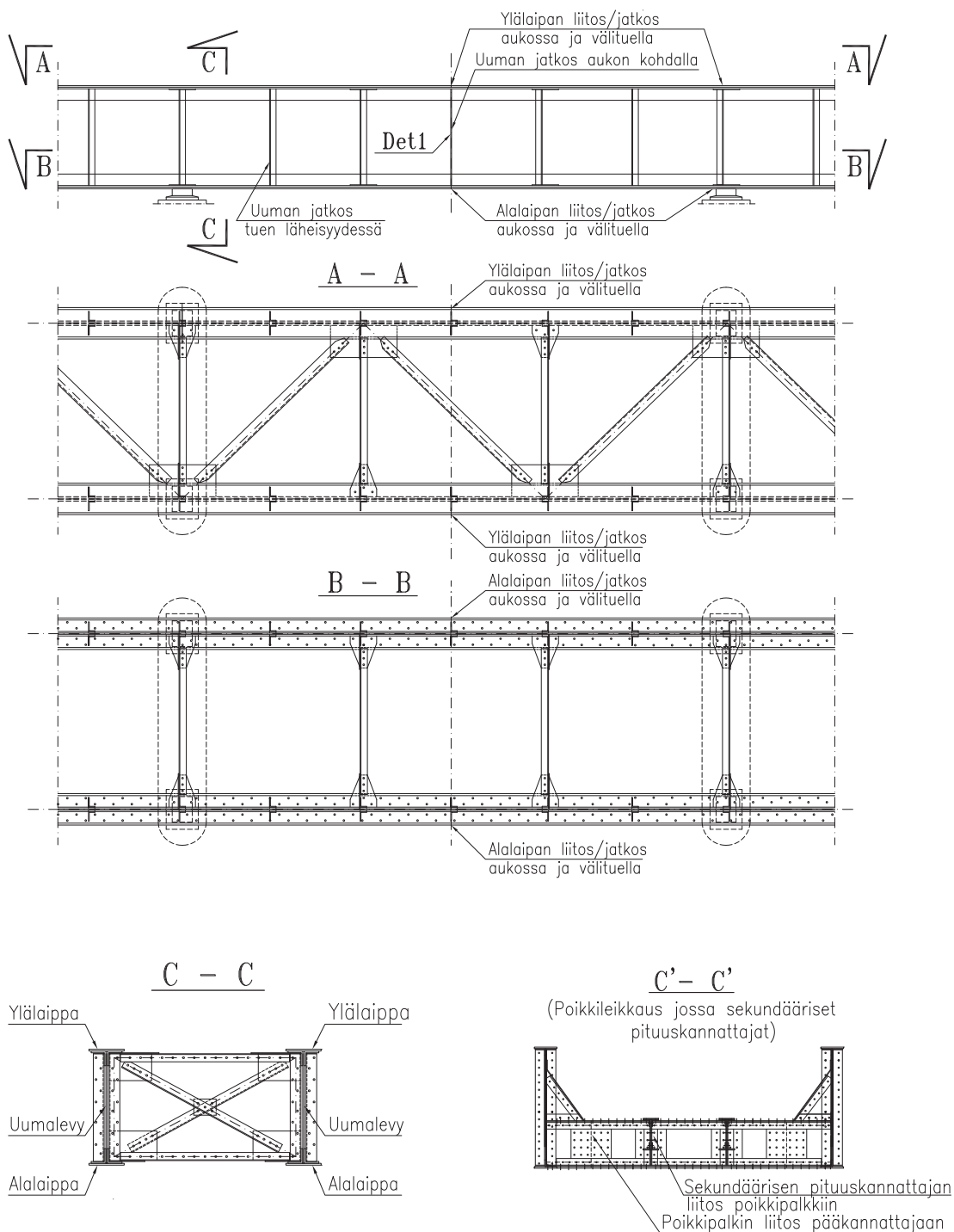
Kaikki liitokset tarkastetaan visuaalisesti lähietäisyydeltä (< 2 m).

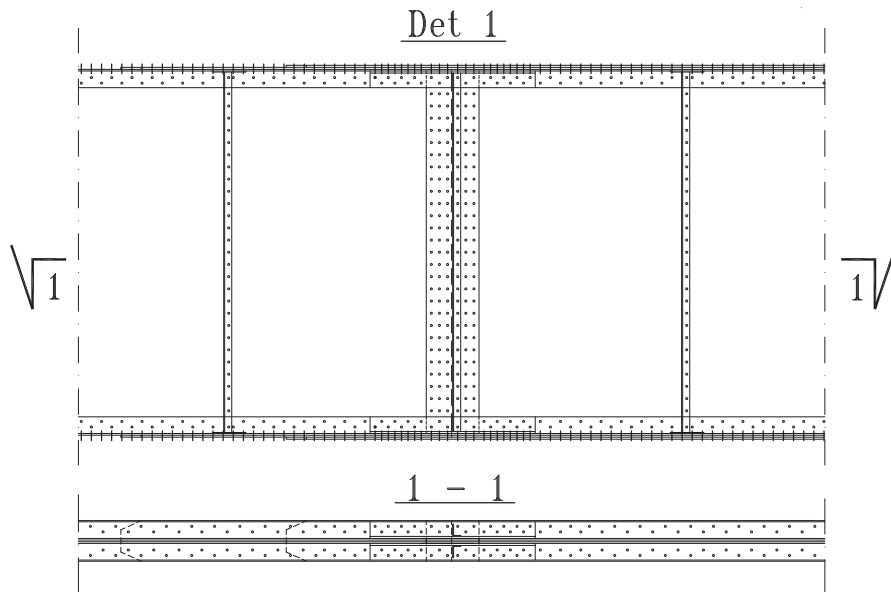
Seuraavassa on esitetty sillan poikkileikkaukset, joiden kaikki liitokset tarkastetaan ultraäänitarkastamalla. Näiden liitosten niiteistä tarkastetaan ultraäänitarkastamalla 20 %, mutta kuitenkin vähintään 3 niittiä/liitos. Niittaamalla muodostettujen sauva-profiilien niittejä ei ultraäänitarkastamalla tutkita. Niittiliitosten ultraäänitarkastus suoritetaan Liikenneviraston ohjeen Niitattujen siltarakenteiden niittien UT-testaus (Liite 1) mukaisesti. Niittien tarkastusta on käsitelty myös SILKO-ohjeessa 1.302 Teräsrakenteet, rakenteelliset korjaukset, yleiset laatuvaatimukset (16).

- Sillan jokaisen jänteen keskeltä yksi molempien pääpalkkien jatkos, joka käsittää uuma- ja laippajatkokset. Tarkastettaviin rakenneosiin kuuluvat myös pääpalkkien jatkosta lähimpänä sijaitseva poikkipalkki/poikkiristikko, joka sisältää myös mahdollisten sekundäärysten pituuskannattajien liitokset poikkipalkkiin. Tarkastuksen piiriin sisältyy em. rakenneosiin kuuluvat kaikki sauvaliitokset.
- Molemmilta päätyuilta rakenneosat, jotka käsittävät päätypoikkipalkin/päätyristikon ja sen liitokset pääpalkkiin, tukea lähinnä sijaitsevat pääpalkkien uumaliitokset, päätytuelta aukon suuntaan seuraavan mahdollisen poikkipalkin ja mahdollisten sekundäärysten pituuskannattajien liitokset em. poikkipalkkeihin. Tarkastuksen piiriin sisältyy em. rakenneosiin kuuluvat kaikki sauvaliitokset.
- Yksiaukkoisista siltaosista muodostuvan sillan kunkin aukon päädyt tarkastetaan, kuten edellä on sillan päätyjen tarkastus kuvattu.
- Mikäli silta on jatkuva, tarkastetaan välitukien kohdilta molempien pääpalkkien uuma- ja laippajatkokset sekä poikkipalkin/poikkiristikon liitokset. Tarkastukseen sisältyy välituella sijaitsevan mahdollisen poikkipalkin ja sekundäärysten pituuskannattajien liitokset. Tarkastuksen piiriin sisältyy poikkileikkaukseen kuuluvat kaikki sauvaliitokset.

## Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset – Sillat, 3.9.2018

- Tarkastukseen sisällytetään myös ne poikkileikkaukset, jotka ovat silmämääräisessä tarkastelussa osoittautuneet huonokuntoisiksi. Niittiliitosten virheitä on käsitelty ohjeessa SILKO 1.302 kohdassa 3.6.3 (16) sekä teräsrakenteiden korroosiovaurioita ja rakenteellisia vaurioita Sillantarkastuskäsikirjan vaurioluokitustaulukoissa (2).
- Kuvassa 3 on esitetty tarkastettavat liitokset.
- Tarkastusta on laajennettava, jos niiteissä on havaittavissa vaurioita tai merkkejä liitoksen liikkeistä.





Kuva 3. Teräspalkkisillan niittiliitosten tarkastus

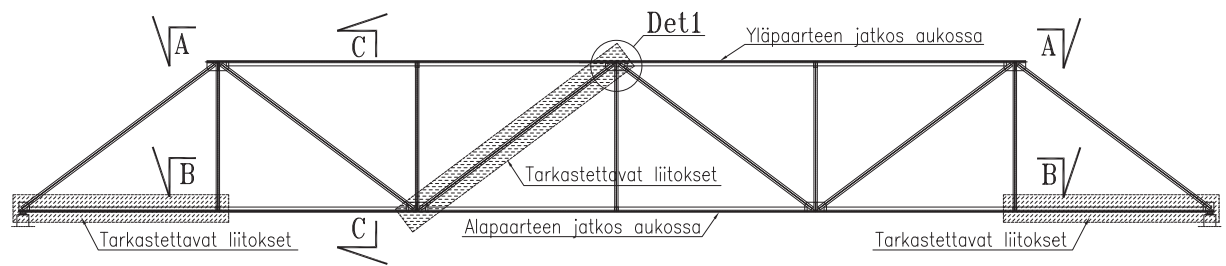
### Ristikkosillat

Kaikki liitokset tarkastetaan visuaalisesti lähietäisyydeltä (< 2 m).

Seuraavassa on esitetty sillan poikkileikkaukset, joiden kaikki liitokset tarkastetaan ultraäänitarkastamalla. Liitosten niiteistä tarkastetaan ultraäänitarkastamalla 20%, mutta kuitenkin vähintään 3 niittiä/liitos. Niittaamalla muodostettujen sauvaprofiilien niittejä ei ultraäänitarkastamalla tutkita. Niittiliitosten ultraäänitarkastus suoritetaan Liikenneviraston ohjeen Niitattujen siltarakenteiden niittien UT-testaus (Liite 1) mukaisesti. Niittien tarkastusta on käsitelty myös SILKO-ohjeessa 1.302 Teräsrakenteet, rakenteelliset korjaukset, yleiset laatuvaatimukset.

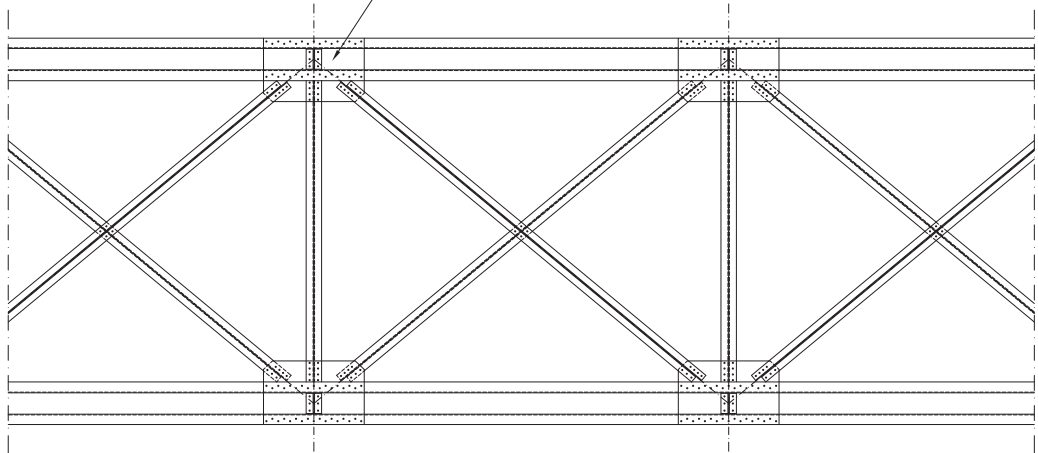
Tarkastettavat liitokset ovat:

- Sillan jokaisen jänteen keskeltä poikkileikkaus, joka sisältää diagonaalit, poikkipalkin ja sekundäärinen pituuskannattajien liitokset poikkipalkkiin sekä poikkileikkauksen lähimmät ylä- ja alapaarteen jatkokset. Tarkastuksen piiriin sisältyy poikkileikkaukseen kuuluvat kaikki sauvaliitokset.
- Molemmilta päätyuilta rakenneosat, jotka käsittävät päätypoikkipalkin, päätytuelta aukon suuntaan seuraavan poikkipalkin ja sekundäärinen pituuskannattajien liitokset em. poikkipalkkeihin. Tarkastuksen piiriin sisältyy em. rakenneosiin kuuluvat kaikki sauvaliitokset.
- Mikäli silta on useampiauukkoinen, tarkastetaan välituella tukeutuvien molempien jänneiden rakenneosat, jotka käsittävät päätypoikkipalkin, päätytuelta aukon suuntaan seuraavan poikkipalkin ja sekundäärinen pituuskannattajien liitokset em. poikkipalkkeihin. Tarkastuksen piiriin sisältyy em. rakenneosiin kuuluvat kaikki sauvaliitokset.
- Tarkastukseen sisällytetään myös ne liitokset, jotka ovat silmämääräisessä tarkastelussa osoittautuneet huonokuntoisiksi. Niittiliitosten virheitä on käsitelty ohjeessa SILKO 1.302 kohdassa 3.6.3 (16) sekä teräsrakenteiden korrosiovaurioita ja rakenteellisia vaurioita Sillantarkastuskäsikirjan vaurioluokitustaulukoissa (2).
- Tarkastusta on laajennettava, jos niiteissä on havaittavissa vaurioita tai merkkejä liitoksen liikkeistä.
- Kuvassa 4 on esitetty tarkastettavat liitokset

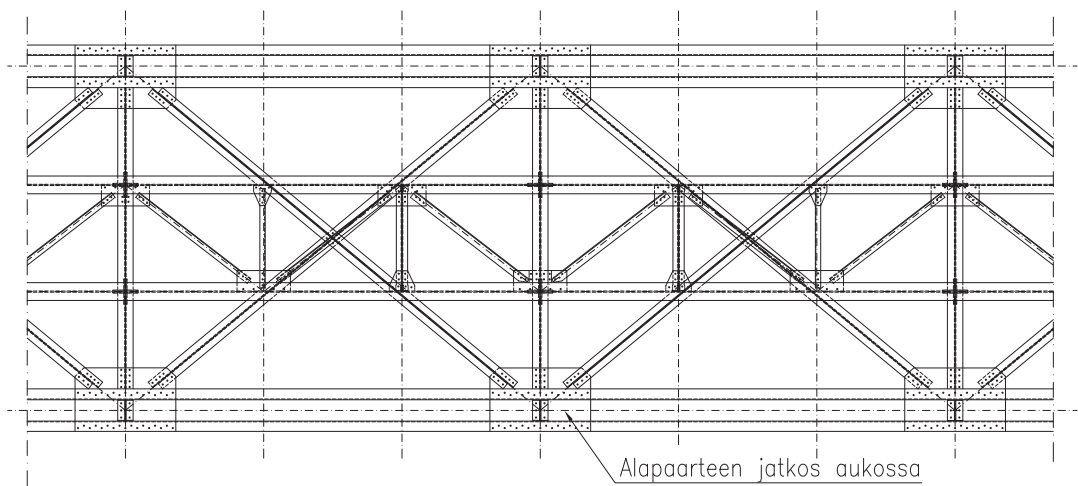


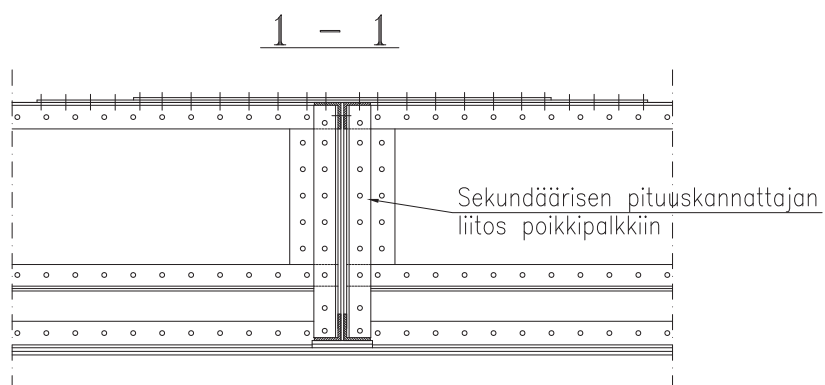
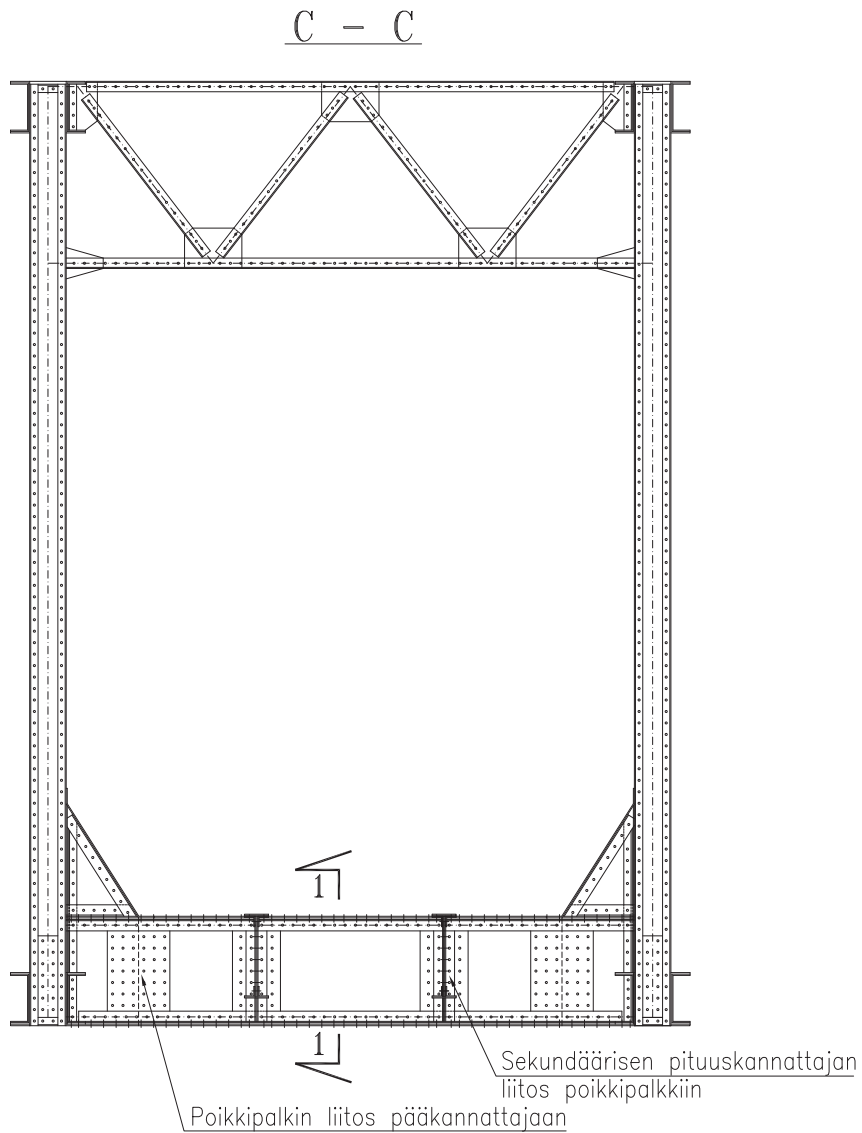
A – A

Yläpaarteen jatkos aukossa

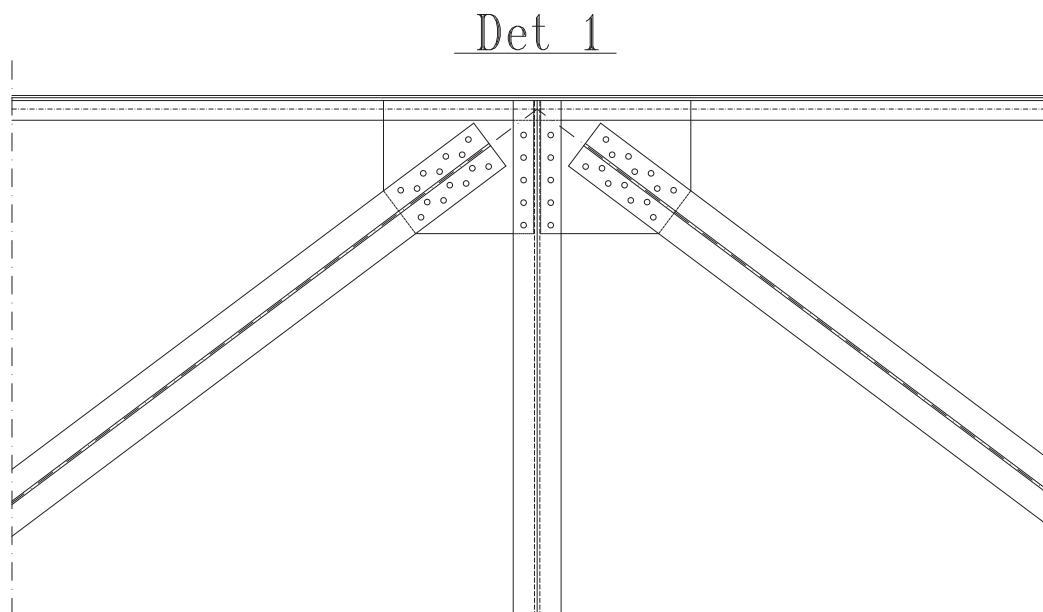


B – B









Kuva 4. Ristikkosillan niittiliitosten tarkastus

#### 4.6.3 Hitsiliitokset terässilloissa

Terässillan kaikki hitsit tarkastetaan silmämääräisesti. Mikäli hitsissä tai hitsin kohdalla maalatussa pinnassa on maalin halkeilua tai ruostevalumaa, suoritetaan hitsille esim. magneettijauhetarkastus tai ultraäänitarkastus. Tarkastuksesta sovitaan tilaajan kanssa erikseen.

Ortotrooppinen teräskansirakenne on vaativa ja vaurioherkkä rakenne, minkä vuoksi tämän siltatyyppin hitsien ja teräsrakenteen säröilyn selvittämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota esim. magneettijauhetarkastusta tai ultraäänitarkastusta käyttämällä. Tarkastuksesta sovitaan tilaajan kanssa erikseen.

#### 4.6.4 Teräsrakenteiden ruostumisasteen määrittäminen

Teräsrakenteiden ruostumisaste määritellään SILKO 1.351 (18) ja 1.356 (19) ohjeiden mukaisesti. Teräsrakenteet jaotellaan tarkastusalueisiin. Tulokset kirjataan Liikenneviraston laatimalle sähköiselle lomakepohjalle tai vastaavalle taulukolle.

Tulokset kirjataan päärakennesoitin jokaisella tukivälillä erikseen.

- Pääkannattajat,
- poikkipalkit ja
- kaiteet.

#### 4.6.5 Ongelmajätteiden selvittäminen

Maalatussa teräsrakenteesta otetaan 1 maalinäyte laboratoriotutkimuksia varten, joissa analysoidaan maalausjärjestelmän mahdollisesti sisältämät myrkylliset ja haitalliset aineet ja niiden pitoisuudet. Materiaaleille tehdään PCB- ja raskasmetallimääritykset, jonka pitää sisältää lyijypitoisuuden määrittäminen.

#### 4.6.6 Pintamaalin koostumuksen selvittäminen

Maaliyhdistelmässä käytetyn pintamaalin koostumus selvitetään kenttäolosuhteissa SILKO 1.351 kohdan 4.2 mukaisesti (18), mikäli pintakäsittely-yhdistelmää ei tunneta. Maaliyhdistelmän pinnalle levitetään epoksimaalin ohennetta, jossa 60 % ksyleeniä ja 40 % butanolia. Ohenteen annetaan vaikuttaa maalipinnalla n. 10 min, jolloin maalityyppi voidaan tunnistaa vaikutuksen perusteella seuraavasti:

- Epoksi- ja polyuretaanimaaleihin ei ole vaikutusta
- Alkydimaali nousee tai tulee tahmeaksi (vaatii pidemmän vaikutusajan)
- Kloorikautsu- ja vinyylimaalit liukenevat

Varmimmin maalityyppi saadaan selville lähettämällä näyte maalitehtaalle tai tutkimuslaitokseen tutkittavaksi. Maalityypin laajemmasta selvityksestä sovitaan tilaajan kanssa erikseen.

#### 4.6.7 Rakenneosien mittojen ja ainevahvuuden määrittäminen

Teräsosien päämitat ja ainevahvuudet mitataan, jotta saadaan käsitys vanhojen suunnitelmien paikkansapitävyydestä. Sillasta mitataan kaikki rakenneosat yhdestä poikkileikkauksesta/silta-aukko. Tulokset raportoidaan rakenneosat eriteltynä esim. pääkannattaja (uuma/laippa), poikkipalkki (uuma/laippa), tuuliside.

#### 4.6.8 Teräsrakenteiden erityiskohteita

##### Teräksinen Langer-palkkisilta

Teräksisen Langer-palkkisillan tarkastuksessa noudatetaan soveltuvin osin teräksisen ristikkosillan tarkastusohjeita ja terässiltojen hitsien tarkastusohjeita. Riipputankojen tarkastus soveltaen ohjetta LO 22/2011 "Sillan laajennettu yleistarkastus ja huolto-ohje Osa 2: Köysisillat" (7).

Erityistä huomiota on tarkastusohjelmassa ja tarkastuksessa kiinnitettävä poikkipalkkien ja pääkannattajien välisiin hitsiliitoksiin. Näissä liitoksissa on hitsien mahdollinen säröily selvitettävä silmämääräisen tarkastuksen lisäksi myös esim. magneettijauhetarkastuksella tai ultraäänitarkastuksella, jos maalipinnassa on hitsin kohdalla halkeilua tai ruostealumaa.

##### Vinoköysi- ja riippusillat

Vinoköysi- ja riippusilloille ei tässä laatuvaatimusohjeessa esitetä vaatimuksia. Tarkastus tehdään LO 22/2011 "Sillan laajennettu yleistarkastus ja huolto-ohje osa 2: Köysisillat" (7) mukaisesti. Siltakohtaisen tarkastusohjeen laadinnassa ja tarkastuksessa on huomioitava, että vinoköysi- ja riippusilloista on yleensä laadittu käyttö- ja huoltosuunnitelma.

##### Teräksinen kaukalopalkkisilta

Teräksisen kaukalopalkin tarkastuksessa noudatetaan soveltuvin osin teräksisen palkkisillan tarkastusohjeita ja ohjeen kohtia 4.6.2 ja 4.6.3.

## 4.7 Kaiteet

### Kaiteiden liikenneturvallisuus

Kaidepylvään juureen tehdään piikkitesti Sillantarkastuskäsikirjan (2) teräksisen putkisillan piikkitestin mukaisesti. Piikkitesti tehdään putkiprofiilityypisiin kaidepylväisiin, jotka ovat upotettu betoniin. Mittauksella pyritään varmistamaan kaiteen liikenneturvallisuus. Erikoistarkastuksen yhteydessä testataan vähintään 20 % sillan kaidepylväistä mutta vähintään 10 kpl, vaikka niiden pinta ei olisi ruostunut vaurioluokkaan 3 tai 4. Putkiprofiili voi olla ruostunut myös sisältä, jolloin vauriosta ei ole ulkoisia viitteitä.

Kaidepylvään juurien ainevahvuus voidaan vaihtoehtoisesti tutkia myös ultraäänitutkimuksella. Tutkimuksen aluksi on varmistuttava mittauksen luotettavuudesta. Putkiprofiilin sisällä oleva ruostelevy voi vaikuttaa joidenkin mittalaitteiden tulokseen ja mittalaite voi antaa todellista ainevahvuutta suurempia tuloksia.

Maalatusta sillankaiteesta otetaan 1 maalinäyte laboratoriotutkimuksia varten, joissa analysoidaan maalausjärjestelmän mahdollisesti sisältämät myrkylliset ja haitalliset aineet ja niiden pitoisuudet. Materiaaleille tehdään PCB- ja raskasmetallimääritykset, jonka pitää sisältää lyijypitoisuuden määrittäminen.

Betonikaiteet tarkastetaan visuaalisesti.

## 4.8 Muut rakenteet ja mittaukset

### 4.8.1 Sillan värähtely

Liikennekuorman aiheuttama sillan värähtely ja kevytrakenteisten siltojen liikkeet arvioidaan aistinvaraisesti. Jos värähtelyllä katsotaan olevan vaikutusta kannen muotoiluvalun tai muiden betonointi- tai paikkaustöiden tekemiseen (valujen varhaislujittumisvaiheessa värähtelystä on haittaa), erikoistarkastusraporttiin kirjataan sanallinen arvio värähtelystä ja mahdollinen suositus värähtelyn mittaamiseksi korjaussuunnittelun yhteydessä.

### 4.8.2 Laakereiden tarkastus

Erikoistarkastuksen yhteydessä kaikki laakerit tarkastetaan lähietäisyydeltä. Laakereiden kunto tarkastetaan visuaalisesti ja niiden liikkeet, kallistumat yms. dokumentoidaan valokuvoin ja mittausraportein kaikista laakereista erikseen. Raportoinnissa on huomioitava tarkastushetken lämpötila ja verrattava liikkeitä alkuperäisiin suunnitelmiin. Laakereita mahdollisesti suojaavat kotelot irroitetaan tarkastuksen ajaksi. Suojakumeja yms. siirretään tarkastuksen ajaksi syrjään, jotta kaikki näkyvät pinnat voidaan tarkastaa. Laakereiden alkuperäisiä suunnitelmapiirustuksia on verrattava rakenteessa oleviin laakereihin. Laakerin tyyppi on selvitettävä ja todennettava mittauksin esim. betonitäytteinen rullalaakeri, jonka ulkokuori on kuitenkin teräsrullalaakerin kaltainen.

*Kriittisimpiä laakereita ovat ns. Kreutzin laakerit, joita on asennettu vuosina 1956-1976. Näissä vanhoissa korkealujusteräksestä valmistetuissa rullalaakereissa on havaittu halkeamariskiä. Tyypillisesti laakeri on halkaisijaltaan pieni, esim. ehjän rullan halkaisija on 142 mm, mutta mitta ja päädyn ulkonäkö voi jonkin verran vaihdella.*

Erikoistarkastuksen raportoinnissa on tuotava esille mahdolliset lisätutkimustarpeet esim. ultraäänitarkastus. Vanhojen piirustusten aineistoa on verrattava nykytilanteeseen ja käytävä tarkoin läpi ovatko laakerit esim. Kreutzin laakereita mutta ovat kirjattuna tavallisiksi teräslaakereiksi.



Kuva 5. Kreutzin laakeri

#### 4.8.3 Liikuntasaumat

Erikoistarkastuksen yhteydessä liikuntasaumat tarkastetaan Sillantarkastuskäsikirjan mukaisesti. Liikuntasaumalaitteen kumiin tiiveys tarkastetaan vesikokeella. Kumin ollessa täynnä likaa, koetta ei pysty suorittamaan ja asiasta informoidaan tilaajaa. Tukikaistojen kulumat mitataan mahdollisimman tarkasti ja kirjataan raporttiin.

#### 4.8.4 Saumaukset

Elastisista saumauksista tutkitaan haitta-aineet. Saumauksista tutkitaan PCB-yhdisteet sekä lyijypitoisuus, mikäli rakenteen ikä antaa tutkimukselle aiheutta ja saumauksia ei ole uusittu.

#### 4.8.5 Muut mittaukset

Kaikissa tapauksissa rakenteiden päämitat tarkastetaan mittaamalla. Erikoistarkastukseen kuuluu aina alkuperäisten rakennesuunnitelmien tarkastaminen, siten että suunnittelulle oleelliset näkyvät mitat ja tiedot ovat ajan tasalla.

Maantiesillan alikulkukorkeus tarkastetaan määräävimmästä kohdasta. Alikulkukorkeuden ollessa alle 5 m tulee se mitata kattavasti ja tarkasti monesta pisteestä.

Vesistö sillan alikulkukorkeus mitataan kohdista, joissa kulkee selkeä vesistöväylä. Kyseisissä kohdissa on useasti alikulkukorkeudesta kertova liikennemerkki. Mittaus tehdään sillan alimmasta pisteestä vedenpintaan. Mittaustulos sidotaan mittaushetkeen ja raportoinnissa otetaan huomioon kyseisen hetken vesistön korkeustaso (nollatasosta).

Korjaussuunnittelussa tarvittava sillan ja siltapaikan kartoitus tehdään erillistyönä. Kyseinen mittaus sidotaan kansalliseen korkeus- ja koordinaattijärjestelmään.

#### **4.8.6 Näytteenotto kohtien paikkaaminen**

##### **Näytekohtien paikkaaminen**

Rakenteesta irtiporatut näytekohdat tai aukipiikkaukset paikataan koko näytteenotokohdan tai aukipiikkauksen laajuudelta. Betonirakenteen osalta paikkaus tehdään laastipaikkaamalla tai betonoimalla käyttäen SILKO-hyväksyttyjä tuotteita ja noudattamalla SILKO-ohjeita betonirakenteen korjaamisesta.

#### **4.8.7 Pintarakenteiden paikkaaminen**

Sillan kannen yläpinnan paikkaamisessa noudatetaan SILKO-ohjeen 2.831 (20) periaatteita. Betonin näytteriät paikataan juotosmassalla tai -laastilla, kuumuutta kestäväällä epoksilla tai vaihtoehtoisesti kuumennetulla kumibitumilla. Vedeneristeen ja pintarakenteiden paikkaus tehdään ko. SILKO-ohjeen mukaisesti. Eristeen paikkauksessa käytetään kuumennettua kumibitumia ja purettua asfalttia voidaan käyttää paikkauksen täyteaineena.

**Paikkausperiaatteiden menetelmäkuvaukset** (pintarakenteet ja näytekohdat) on esitettävä tutkimussuunnitelmassa ja hyväksyttävä tilaajalla.

## 5 Geotekninen arviointi

### 5.1 Yleistä

Erikoistarkastuksen yhteydessä laaditaan kaikille kohteille geotekninen arviointi. Geotekninen arvioinnin laadinnan tavoitteena on saada selville tarkastuskohteen alus- ja pohjarakenteiden (maanalaisten / vedenalaisten) kuntoa ja pitkäaikaista kestävyyttä. Geotekninen arviointi on yksi osa lopullisesta päätöksestä tarkastuskohteen jatkotoimenpiteitä esitettäessä ja arviointi toteutetaan riskiarviointityyppisesti vertaamalla rakenteen suunnitelmia ja nykyistä kuntotilaa.

Geoasiantuntijan henkilökohtainen pätevyysvaatimus on esitetty kohdassa 2.2 tarkastajien pätevyysvaatimukset.

Geoasiantuntijan on käytävä paikalla, mikäli rakenne kuuluu geoteknisiin luokkiin GL2 tai GL3 vrt. NCCI7 luku 2.1 (21).

### 5.2 Geoteknisen arvion sisältö

Geoarvion laadintaan kuuluvat seuraavat työvaiheet perustapauksessa:

- Tarkastuskohteen alkuperäisten pohjatutkimustulosten sekä geosuunnitteluaineiston hankinta ELYn ja/tai LIVIn arkistosta tai Taitorakennerekisteristä.
- Suunnitteluaineistoon perehtyminen.
- Maastokatselmus luokissa GL2 ja GL3.
- Päättarkastajan havaintojen huomioon ottaminen.
- Geoteknisen arvion laatiminen
- Arviossa otetaan kantaa:
  - Lähtötietojen kattavuus ja luotettavuus
  - Arviointi rakenteen perustamistavasta ko. pohjaolosuhteissa
  - Arvio havaituista vaurioista, niiden syistä ja mahdollisista seuraamuksista
  - Jatkotoimenpiteet

Lisäksi kohteissa, joissa lähtötiedot puuttuvat, kohteessa on havaittavissa ulkoisia viitteitä geoteknisistä ongelmista tai kohde kuuluu geotekniseen luokkaan GL3, on huomioitava myös seuraavat työvaiheet:

- Esitys kohteen mahdollisesta seurantamittauksesta (laaditaan yhteistyössä päättarkastajan ja rakenneasiantuntijan kanssa)
- Yhteydenpito Liikenneviraston geoasiantuntijaan
- Esitys mahdollisista täydentävistä pohjatutkimuksista ja alusrakenteiden maanalaisten rakenteiden tutkimisesta ja mittauksista (mitat ja materiaali).

Mikäli rakennetta esitetään peruskorjattavaksi, geoasiantuntija antaa arvion alus- ja pohjarakenteiden tarpeista ja edellytyksistä.

## 6 Erikoistarkastuksen raportointi

### 6.1 Raportin sisältö

Erikoistarkastusten yhteydessä tehtävät **yleistarkastusmenettelyn (YT)** mukaiset vauriokirjaukset ja kuntoluokka-arviot tekee päätarkastaja yksin tai sillantarkastajan kanssa yhteistyössä. Normaalista yleistarkastusmenettelystä (YT) poiketen:

- Sillan ja sen pää rakenneosien kuntoarvioissa huomioidaan visuaalisten havaintojen lisäksi laboratoriotutkimusten ja betonipeitekerrosmittausten tulokset.
- Korjaustavaksi kirjataan enemmän todellisuutta/suunniteltua vastaava korjaustapa. Esimerkiksi reunapalkkien pieniä vaurioita ei korjata, jos on ilmiselvää, että reunapalkit uusitaan varsin pian
- Seuraavaksi tarkastukseksi merkitään edelleen ”YT 5 vuoden päästä”, jos ei ole tietoa siitä, milloin rakenne peruskorjataan.

Erikoistarkastus raportoidaan tarkastuskäsikirjan mukaisen rakenneosajaottelun mukaisesti rakenneosakohtaisesti. Tutkimus ja kohde esitetään raportissa kokonaisuudessaan rakenneosittain jaoteltuina.

Tavanomaisessa tapauksessa erikoistarkastusraportti sisältää seuraavat kokonaisuudet:

- Tiivistelmä
- Sisällysluettelo sivunumeroineen
- Yleistiedot tutkimuskohteesta ja tutkimustehtävästä
  - sovitut tavoitteet ja rajaukset
    - tutkimussuunnitelma raportin liitteeksi
  - rakenteeseen vaikuttavat ympäristötekijät
- Käytetyt tutkimusmenetelmät
- Listaus otetuista näytteistä ja mittauksista
- Visuaalisen tarkastelun tulokset, laboratoriotutkimusten tulokset, mittaustulokset ja mahdolliset havainnot poralierionäytteistä johtopäätöksineen pää-rakenneosittain.
- Yhteenvedo
  - Kiireelliset korjaustarpeet ja turvallisuusriskit
  - Rakenteen kantavuuteen vaikuttavat vauriot / tekijät
  - Rakenteen pitkäaikaiskestävyyteen vaikuttavat vauriot / tekijät
  - Arvio lisätutkimusten tarpeesta ja tutkimusotannon riittävydestä sekä tutkimusten luotettavuudesta
  - Tutkijan käsitys korjaustavoista ja korjausten kiireellisyys sekä korjaustöiden vaikutus liikennehaittoihin
- Alustava korjausten kustannusarvio pää rakenneosittain eriteltynä
- Liite 1 Rakenteen alkuperäiset piirustukset
- Liite 2 Valokuvaliite
- Liite 3 Yleisliite: näyteluettelo, karbonatisoitumisyyvydet, suoritettut laboratoriotutkimukset, peitekerrosmittaustulokset, ym.
- Liite 4 Näytteenottokartta, johon sisällytetään myös tutkittujen rakenteiden oleelliset kuntotiedot/tutkimustulokset
- Liite 5 Vauriokartta erillisenä, jos liitteen 4 kartassa ei saa asioita esitettyä riittävän selkeästi

- Liite 6 Geotekninen arvio sisältäen tekstin ja sillan geotekniset piirustukset
- Liitteet 7-N Mittaustulokset ja laboratoriotutkimukset liitteinä.

**Taitorakenteen tarkastusraportit** liitetään raportin liitteeksi.

Jos erikoistarkastuksen ja sitä seuraavan korjaussuunnittelun tekee sama konsultti, tulee raportissa esitetyistä korjaustavoista keskustella päätarkastajan ja korjaussuunnittelijan kesken.

**Valokuvaliitteessä esitetään:**

- sillan yleiskuvat
- yleiskuvat päärakenneosittain
- siltapaikan yleiskuvat (risteävät väylät, tulopenkereet)
- vauriohavainto- ja detalji kuvat päärakenneosittain.

Yleiskuvat esitetään ensin ja muut havaintokuvat järjestyksessä päärakenneosittain.

**Sillan korjaustöiden alustava kustannusarvio** on suuntaa antava arvio, koska kustannukset arvioidaan tarkemmin korjaussuunnittelun yhteydessä. Tarkastuksen yhteydessä tehtävän kustannusarvion on kuitenkin oltava kattava (kaikki korjattavat kohteet huomioidaan) ja riittävän tarkka, koska se toimii osaltaan päätöksenteon perusteena sillalle kohdistettavien/ suunniteltavien tulevien toimenpiteiden ja niiden aikatauluttamisen osalta.

Lopullinen raportti toimitetaan tilaajalle tarkastettavaksi itselle luovutuksen jälkeen allekirjoitettuna (raportin kirjoittaja ja raportin tarkastaja) pdf-muodossa yhteen koottuna.

## 6.2 Tarkastustulosten luotettavuus

Tutkimusotanta tulee olla riittävä siten että tutkimusraportin laatija voi, laboratoriotulosten ja visuaalisen tarkastelun perusteella, arvioida tarvittavien purkutöiden laajuudet ja että korjaussuunnittelija saa riittävän luotettavan ja kattavan kuvan rakenteen kunnosta korjaustoimenpiteiden määrittämistä varten.

Tutkimustuloksia tulee tulkita rinnakkain, jotta saadaan paras mahdollinen kuva rakenteen kunnosta ja korjaustarpeita. Samaan aikaan on hyvä muistaa perussääntö, että ”ehjää ei kannata korjata”. Esimerkiksi karbonatisoitumiskorroosion ja kloridikorroosion tutkimusmenetelmät tuottavat vain riskiarvion, eivät totuutta raudoituksen korroosiosta. Raudoitteiden todellinen korroosiotila selviää vain avaamalla rakenteita. Samoin ohuthietutkimuksissa varsin usein esiintyvä toteama ”betoni ei ole arvioletta pakkasenkestävä kosteusrasituksessa”, ei tarkoita sitä, että rakenne tulisi purkaa ja uusia.

Toisaalta korjaustoimenpiteiden on oltava riittävän laajoja ja kattavia, jotta siltaa ei tarvitse peruskorjata moneen otteeseen.



## 7 Työturvallisuus

### 7.1 Yleistä

Siltojen erikoistarkastuksesta on laadittu Liikennevirastossa erillinen työturvallisuusohje ”Siltojen erikoistarkastusten työturvallisuusohje” (3). Kyseisen ohjeen mukaisesti erikoistarkastusten työturvallisuudessa noudatetaan Työturvallisuuslakia (738/2002) (22) ja Valtioneuvoston asetusta rakennustyön turvallisuudesta (VNa 205/2009) (23), sen soveltuvilta osin.

### 7.2 Turvallisuussuunnittelu

Tilaaja laatii hankkeeseen turvallisuusasiakirjan. Konsultin tehtävä on laatia hankekohtainen turvallisuussuunnitelma, jossa on huomioitu tarkastuskohteiden erityispiirteet. Turvallisuussuunnitelma lähetetään tilaajalle tiedoksi.

### 7.3 Liikennejärjestelyt

Liikennejärjestelyiden suunnittelussa ja toteutuksessa noudatetaan Liikenneviraston viimeisintä ”Liikenne tietyömailla” -ohjeistusta (4). Työnaikaiset liikennejärjestelysuunnitelmat hyväksytetään kyseisen väylän omistajalla/hallinnoitsijalla. Kaupunkialueella konsultti hoitaa katualueiden vuokrauksen tarkastustyön ajaksi.

Työnaikaisten liikennejärjestelyiden suunnittelijalla ja toteutuksesta vastaavalla (työmaalla) pitää olla Tieturva 2 pätevyys voimassa.

Alla on lueteltu muutamia poimintoja huomioon otettavaksi:

- Törmäysvaimenninta (TMA) on käytettävä työkohdetta suojaamassa työskenneltäessä kaksiajorataisilla teillä, joilla pysyvä nopeusrajoitus on  $\geq 60$  km/h.
- Tiealueella tehtävissä henkilönostoissa nostokoriajoneuvon takana käytetään aina törmäysvaimentimella (TMA) varustettua suoja-ajoneuvoa.

### 7.4 Työskentely rautatiealueella

Erikoistarkastuksen yhteydessä työskentelyssä rautatiealueella noudatetaan viimeisintä Liikenneviraston julkaisemaa Radanpidon turvallisuusohjetta (TURO) (5) sekä tilaajan esittämiä tarkentavia ohjeistuksia.

## 8 Laadunhallinta

### 8.1 Laadunvarmistusmenettely

Tilaaaja edellyttää erikoistarkastusten toimittajalta dokumentoitua siltojen erikoistarkastusten laadunvarmistusmenettelyä. Menettely käydään läpi aloituskokouksessa, jonka mukaisesti hankkeessa toimitaan. Yhteenveto toimittajan sisäisestä laadunvarmistuksesta ja sen tuloksista esitetään tilaajalle vastaanottokokouksessa. Pienissä urakoissa yhteydenpidosta ja raportoinnista voidaan sopia erikseen.

### 8.2 Organisaatio ja henkilöstö

Erikoistarkastusten toimittaja ilmoittaa tarjouksessaan erikoistarkastuspalveluun osallistuvan organisaationsa rakenteen sekä työn toteutuksesta vastaavien henkilöiden tehtävät ja toimivallan. Tarkastuksiin osallistuvien henkilöiden tulee täyttää tämän asiakirjan kohdassa 2.2 esitetyt vaatimukset.

Erikoistarkastusten laatuvaastavalla on samat henkilökohtaiset pätevyysvaatimukset kuin päätarkastajalla. Laatuvaastava vastaa laadunvarmistusmenettelyn noudattamisesta ja toimii toimittajan yhteyshenkilönä erikoistarkastusten laatuun liittyvissä asioissa.

Taitorakennerekisteriä päivittävällä henkilöllä (erikoistarkastusten yhteydessä) tulee olla voimassa oleva sillantarkastajan tutkinto. Hänellä pitää lisäksi olla käyttöoikeudet Taitorakennerekisteriin.

### 8.3 Alihankkijat

Alihankkijan on täytettävä samat organisaatiota ja henkilöstöä koskevat vaatimukset kuin erikoistarkastusten toimittajalta vaaditaan. Alihankkijan täytyy noudattaa erikoistarkastusten toimittajan laadunvarmistusmenettelyä. Alihankkijat ja niiden erikoistarkastuspalveluun osallistuvat henkilöt on nimettävä tarjouksessa.

Laboratorionäytteiden tutkimiseen käytettävä tutkimuslaitos on nimettävä tarkastussuunnitelmassa.

### 8.4 Tietoturva

Toimittajan on varmistettava tietojen luotettava säilytys oman laatu järjestelmänsä mukaisesti. Tietojärjestelmien hallintakeinojen (virusten torjunta) pitää olla kattavat, kun aineistoa toimitetaan sähköisesti tai käytetään tilaajan järjestelmiä esim. Taitorakennerekisteri.

## Lähteet

1. **Liikennevirasto.** *Taitorakenteiden tarkastusohje.* Helsinki: Liikennevirasto, 2013. ISBN 978-952-255-274-4, Liikenneviraston ohjeita 17/2013.
2. **Liikennevirasto.** *Sillantarkastuskäsikirja.* Helsinki: Liikennevirasto, 2013. ISBN 978-952-255-409-3, Liikenneviraston ohjeita 26/2013.
3. **Liikennevirasto.** *Siltojen erikoistarkastusten työturvallisuusohje.* Helsinki: Liikennevirasto, 2014. Dnro 3761/090/2014.
4. **Liikennevirasto.** *Liikenne tietyömailla -ohjeistus.* Helsinki: Liikennevirasto / Tiehallinto.
5. **Liikennevirasto.** *Radanpidon turvallisuusohjeet (TURO).* Helsinki: Liikennevirasto, 2018. ISBN 978-952-317-526-6. Liikenneviraston ohjeita 7/2018.
6. **Liikennevirasto.** *Sillan laajennettu yleistarkastus, Osa 1: Terässillat.* Helsinki: Liikennevirasto, 2010. ISBN 978-952-255-051-4. Liikenneviraston ohjeita 31/2010.
7. **Liikennevirasto.** *Sillan laajennettu yleistarkastus ja huolto-ohje, Osa 2: Köysisillat.* Helsinki: Liikennevirasto, 2011. ISBN 978-952-255-747-6. Liikenneviraston ohjeita 22/2011.
8. **Liikennevirasto.** *Puusillan laajennetun yleistarkastuksen ohje.* Helsinki: Liikennevirasto, 2017. ISBN 978-952-317-252-4. Liikenneviraston ohjeita 36/2017.
9. **Liikennevirasto.** *Vedenalaisten taitorakenteiden tarkastusohje.* Helsinki: Liikennevirasto, 2016. ISBN 978-952-317-293-7. Liikenneviraston ohjeita 26/2016.
10. **Suomen standardisoimisliitto SFS.** *SFS-EN 14629 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Testausmenetelmät. Kovettuneen betonin kloridipitoisuuden määrittäminen.* Vahvistettu 15.5.2007
11. **Suomen standardisoimisliitto SFS.** *SFS 5445 Betoni. Vetolujuus.* Vahvistettu 21.3.2008.
12. **Suomen standardisoimisliitto SFS.** *ASTM C856-17 Standard Practice for Petrographic Examination of Hardened Concrete.* Vahvistettu 1.1.2017
13. **Liikennevirasto.** *Kimmovasaran käyttäjän ohje.* Helsinki: Liikennevirasto, 2016. ISBN 978-952-317-280-7. Liikenneviraston ohjeita 21/2016.
14. **Suomen standardisoimisliitto SFS.** *SFS-EN 12504-1, Betonin testaus rakenteista. Osa 1: poratut koekappaleet Näytteenotto, tutkiminen ja puristuslujuuden testaus.* Vahvistettu 25.5.2009.
15. **Suomen standardisoimisliitto SFS.** *SFS-EN 12390-1, Kovettuneen betonin testaus. Osa 1: Muoto, mitat ja muut koekappaleiden ja muottien vaatimukset.* Vahvistettu 6.5.2013.
16. **Liikennevirasto.** *Siltojen korjausohje, SILKO 1.302, Teräsrakenteet, rakenteelliset korjaukset 3/2018.* Helsinki: Liikennevirasto, 2018. LIVI 2230095.
17. **Liikennevirasto.** *Rautatiesiltojen korjaussuunnitteluohje.* Helsinki: Liikennevirasto, 2016. ISBN 978-952-317-249-4. Liikenneviraston ohjeita 12/2016.
18. **Liikennevirasto.** *Siltojen korjausohje SILKO 1.351, Teräsrakenteet, pintakäsittely, 3/2015.* Helsinki: Liikennevirasto, 2015. LIVI 2230095.
19. **Tiehallinto.** *Siltojen korjausohje SILKO 1.356, Teräsrakenteet, Pintakäsittelyn korjaustoimenpiteiden määrittäminen, 9/1991.* Helsinki: Tiehallinto, 1991. TIEL 2230095.
20. **Liikennevirasto.** *Siltojen korjausohje SILKO 2.831, Kannen pintarakenteet, vedenieristysten paikkaaminen 3/2018.* Helsinki: Liikennevirasto, 2018. LIVI 2230096.
21. **Liikennevirasto.** *Eurokoodin soveltamisohje, Geotekninen suunnittelu, NCCI 7.* Helsinki: Liikennevirasto, 2017. ISBN 978-952-317-387-3. Liikenneviraston ohjeita 13/2017.
22. **Sosiaali- ja terveysministeriö.** *Työturvallisuuslaki (738/2002).* Voimaantulo 1.1.2003. ([www.finlex.fi](http://www.finlex.fi))

23. **Sosiaali- ja terveysministeriö.** *Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta (205/2009).* Voimaantulo 1.6.2009. ([www.finlex.fi](http://www.finlex.fi))

# Niitattujen siltarakenteiden niittien UT-testaus

## 1 Yleistä

Niittien ultraäänitestauksessa käytetään samanlaista mittaustekniikkaa, jota käytetään myös teräksen paksuusmittauksessa. Niittien ultraäänitarkastuksiin käytetään soveltuvien osien paksuusmittauksen standardeja SFS-EN 14127 ja SFS-EN ISO 16826.

Ohjeen tarkoituksena on antaa soveltavia ohjeita niitattujen siltarakenteiden niittien UT-testaukseen edellä mainittujen standardien lisäksi.

Testauksen suorittajalla tulee olla standardin SFS-EN ISO 9712 mukainen voimassa oleva ultraääni-tarkastajan tason 2 pätevyys. NDT-tarkastajalla on suositeltavaa olla aiempaa kokemusta vanhojen niitattujen rakenteiden tarkastamisesta pätevyyksien lisäksi.

UT-laitteiston on täytettävä standardin SFS-EN 12668 (osien 1-3) vaatimukset. Ultraäänilaite on tarkastettava 1 vuoden välein. Laitteessa on oltava esillä viittaus kyseiseen tarkastukseen.

## 2 Mittaustyön suunnittelu

Tarkastus perustuu niitin pituusmittaukseen ja mittauksessa niitistä saatuun tai ei saatuun takaseinäkaikuun. Teräsrakennesuunnittelija tai tarkastuksen koordinoija määrittelee niitin oletuspituuden piirustuksista tai mittaamalla rakenneosien paksuuden ja niitin kannan paksuuden. Ensimmäinen takaseinäkaiku tulisi löytyä oletuspituuden syvyydeltä, mikäli niitti on ehjä.

Suomessa yleisesti käytetyissä halkaisijaltaan 23 mm niiteissä niitin kanta on yleensä n. 15 mm korkea. Niittien kantojen muodot ovat yleensä hieman erilaisia johtuen niitaustyöstä, joten vierekkäistenkin niittien pituuserot voivat olla  $\pm 5$  mm. Piirustuksista määritetyt niittien pituudet tulee aina varmentaa työmaalla mittaamalla ennen ultraäänitarkastuksen aloitusta.

Oletuspituuden määrittelyssä tulee ottaa huomioon, että niitatut (levy/muotorauta rakenteiden) kokonaisuudet saattavat olla erilaisia sillan eri osissa.



Kuva 1. Niittien UT-testausta niitatulla terässillalla.

### 3 Työturvallisuus

Mikäli tarkastuksen kohteena on ratasilta, työturvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Rautatien suojaulottuman (RSU) sisällä ei saa työskennellä ilman ratatyömenettelyä. Työskentelystä rautatiealueella on kerrottu julkaisussa ”*Radanpidon turvallisuusohje (TURO)*”. Sähköistetyillä rataosuuksilla kiskotuksen yläpuolisia rakenteita ei voi tarkastaa ilman jännitekatkoa.

### 4 Toteutus

Teräsrakennesuunnittelijan tai tarkastuksen koordinoijan on oltava läsnä testauspaikalla niittien ultraäänitestausta tehtäessä.

Laitteiston säätämisessä ja varsinaisessa tarkastuksessa tulee käyttää samaa kytkentäainetta. Lämpötilaero säätämisen ja tarkastuksen välillä saa olla enintään 15 °C.

Laitteen mitta-alue säädetään tarkastuskappaleella, joka äänennopeudeltaan vastaa tarkastettavaa kohdetta.

Laitteiston osalta suositellaan 1-kideluotaimen (esim. V110) käyttöä, joka on käytännössä osoittautunut tarkkuudeltaan parhaaksi. UT-tarkastuksiin on kehitetty uuden tyyppisiä ns. vaiheistettuja UT-laitteita. Näiden laitteiden käyttöä niitattujen siltarakenteiden UT-testauksessa voidaan harkita tapauskohtaisesti.

Ultraäänilaitteen vahvistuksena suositellaan käyttämään reilua, normaalivahvistusta suurempaa dB-määrää esim. +24 dB, takaseinäkaikun vahvistamiseksi. Oletettua takaseinää nostetaan korotetulla vahvistuksella, jotta takaseinäkaiku saadaan näkymään selkeästi.

Jos takaseinäkaikua ei laitteiston säädöistä huolimatta saada selvästi esille, tulee niitin kantaan hioa tasainen, niitin varteen nähden kohtisuorassa oleva kohta (Kuva 2), luotaimen paremman kontaktin takaamiseksi. Kannan hiomiseen tarvitaan erillinen hyväksyntä tilaajan silta-asiantuntijalta. Mikäli niittien kantojen hiominen sallitaan, on hiottujen niittien kannat pintakäsitteltävä erillisen ohjeen mukaisesti.



Kuva 2. Kannan kohtisuora hionta.

Tarkastajan tulee analysoida tarkasti niitin päiden väliltä tulevat kaiut. Niitin päiden väliltä tulevat kaiut voivat olla vika- tai muotokaikuja.

Mikäli niitissä havaitaan vika, tarkastetaan sama niitti liitoksen toiselta puolelta ja verrataan, onko vika tai katkeama samassa kohdassa niittiä, kuin ensimmäiseltä puolelta tehdyn mittauksen mukaan.

Niittien rakenne aiheuttaa äänikimpun hajaantumisen, joten tarkastuksen tulos arvioidaan ensimmäisen takaseinäkaipun perusteella. Kerrannaiskaiut tulee jättää huomiotta.

## 5 Tarkastuslaajuus

Tarkastuslaajuus määräytyy ohjeen ”*Taitorakenteiden erikoistarkastusten laatuvaatimukset*” mukaisesti tai rakennesuunnittelijan erikseen määräämässä laajuudessa.

## 6 Niittien luokittelu

Tarkastuksessa ultraäänellä tutkitut niitit luokitellaan kolmiportaisella luokittelulla.

**0 = pohjakaiku** = takaseinäkaiku (niitti kunnossa)

- Niitistä saadaan selkeä takaseinäkaiku.

**1 = muoto-/vikakaiku** (niitissä mahdollisia vikoja)

- Niitistä saadaan vikanäyttämä tai muodon aiheuttama näyttämä, mutta myös pohjakaiku niitin oletuspituudesta. Niitissä on täten muodosta johtuva näyttämä tai materiaali ei ole täysin homogeeninen.

**2 = ei pohjakaikua** (niitti poikki)

- Niitistä saadaan selkeä vikakaiku, eikä niitistä saada merkkiä pohjakaiusta.



Kuva 3. Niiteissä on usein reikien epäkeskeisyydestä johtuvia teräviä kulmia, jotka voivat aiheuttaa muotokaiun ultrauksessa.

## 7 Raportointi

UT-tarkastuksesta laaditaan tarkastusraportti. Kaikki tarkastetut niitit (ehjät ja vialliset) tulee pystyä jäljittämään rakenteeseen raportoinnin perusteella. Tarkastuksesta laaditaan kaaviopiirustus, jossa tarkastuskohteiden sijainnin lisäksi on myös yksilöinti tarkastetuille niiteille. Vialliseksi luokitellut niitit merkataan rakenteeseen. Raportoinnissa noudetaan "*Sillantarkastuskäsikirjan*" mukaista sijainti- ja raportointikäytäntöä.

Teräsrakennesuunnittelija tarkastelee niittiliitoksen toiminnan UT-tarkastuksen tulosten perusteella.

Revisio 21.9.2017





ISSN-L 1798-663X  
ISSN 1798-6648  
ISBN 978-952-317-401-6  
[www.liikennevirasto.fi](http://www.liikennevirasto.fi)

Liik  
enne  
vira  
sto

# Tämä asiakirja on allekirjoitettu

Lista allekirjoittajista

Allekirjoittaja

Todennus